



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**PROYEK AKHIR - RC096599**

**DESAIN ULANG STRUKTUR DERMAGA BATUBARA  
DENGAN KAPASITAS 15000 DWT  
DI LUBUK GAUNG, KOTA DUMAI, PROVINSI RIAU**

**YULIANA SAFITRI BATUBARA  
NRP.3115 040 513**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Chomaedhi, CES., Geo.  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**PROYEK AKHIR - RC096599**

**DESAIN ULANG STRUKTUR DERMAGA BATUBARA  
DENGAN KAPASITAS 15000 DWT  
DI LUBUK GAUNG, KOTA DUMAI, PROVINSI RIAU**

**YULIANA SAFITRI BATUBARA  
NRP.3115 040 513**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Chomaedhi, CES., Geo.  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - RC096599**

**REDESIGN OF STRUCTURE  
OF COAL JETTY WITH CAPACITY 15000 DWT  
AT LUBUK GAUNG, KOTA DUMAI, PROVINSI RIAU**

**YULIANA SAFITRI BATUBARA  
NRP. 3115 040 513**

**MAIN ADVISOR LECTURER  
Ir. Chomaedhi, CES., Geo.  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**CO. ADVISOR LECTURER  
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING  
Civil Engineering and Planning Faculty  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - RC096599**

**REDESIGN OF STRUCTURE  
OF COAL JETTY WITH CAPACITY 15000 DWT  
AT LUBUK GAUNG, KOTA DUMAI, PROVINSI RIAU**

**YULIANA SAFITRI BATUBARA  
NRP. 3115 040 513**

**MAIN ADVISOR LECTURER  
Ir. Chomaedhi, CES., Geo.  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**CO. ADVISOR LECTURER  
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**DIPLOMA IV CIVIL ENGINEERING  
Civil Engineering and Planning Faculty  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016**

**DESAIN ULANG STRUKTUR DERMAGA BATUBARA  
DENGAN KAPASITAS 15000 DWT  
DI LUBUK GAUNG, KOTA DUMAI, PROVINSI RIAU**

**PROYEK AKHIR**

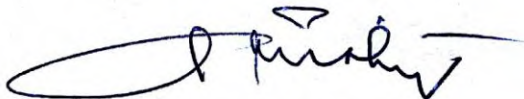
**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan pada  
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh  
Mahasiswa



**YULIANA SAFITRI BATUBARA  
3115 040 513**

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :  
Dosen Pembimbing I**



**Ir. Chomaedhi, CES., Geo.  
NIP. 19550319 198403 1 001**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS  
NIP. 19600105 198603 1 003**

**03 AUG 2016**

**Surabaya, Juli 2016**

**LEMBAR PERNYATAAN  
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMUAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : YULIANA SAFITRI B.  
Nrp : 3115 040 513  
Jurusan / Fak. : D4 TEKNIK SIPIL / FTSP  
Alamat Kontak :  
a. Email : safitri\_tspnb@gmail.com  
b. Telp/HP : 0821 4658 7886

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

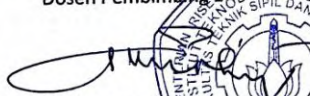
Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusif Royalti Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

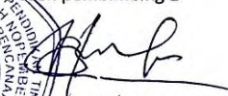
DESAIN ULANG STRUKTUR DERMAGA BATUBARA DENGAN KAPASITAS  
15000 DWT DI LUBUK GALUNG, DUMAI, PROVINSI RIAU


Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

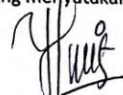
Dosen Pembimbing 1 : Dosen pembimbing 2

  
Ir. Chomaed, S.T., M.Eng.  
NIP. 19550319 198403 1001

  
Ir. Ibnu Pudji R. MS  
NIP. 19600105 198603 1003



Dibuat di : Surabaya  
Pada tanggal : 01 Agustus 2016  
Yang menyatakan,

  
YULIANA SAFITRI B.

Nrp. 3115040513

**KETERANGAN:**

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

**DESAIN ULANG STRUKTUR  
DERMAGA BATUBARA  
DENGAN KAPASITAS 15000 DWT  
DI LUBUK GAUNG, KOTA DUMAI,  
PROVINSI RIAU**

**Nama Mahasiswa** : Yuliana Safitri Batubara  
**NRP** : 3115040513  
**Program Studi** : Diploma IV LJ Teknik Sipil  
**Fakultas** : FTSP - ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir. Chomaedhi, CES., Geo.  
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

**Abstrak**

Dumai memiliki keunggulan sebagai salah satu kota di Provinsi Riau yang berpeluang untuk memanfaatkan potensi pengembangan pelabuhan laut, dimana Dumai berada pada posisi lintas perdagangan Internasional Selat Malaka.

Menyikapi pesatnya pertumbuhan pengapalan batubara dari pelabuhan Dumai, maka perlu dibangun dermaga baru dengan kapasitas muat yang cukup besar.

Tujuan dari proyek akhir ini adalah untuk merencanakan struktur dermaga batubara berkapasitas muat 15000 DWT yang aman dan efisien. Analisis dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000 dengan model 3D.

Dari hasil analisis didapatkan dimensi dermaga 156 x 29 meter dengan dua buah trestle berukuran 9 x 120 meter. Struktur atas dermaga dan trestle direncanakan menggunakan material beton. Sedangkan bangunan bawah menggunakan tiang pancang pipa baja.

**Kata kunci:** *dermaga, trestle, steel pipe pile*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**REDESIGN OF STRUCTURE  
OF COAL JETTY WITH CAPACITY 15000 DWT  
AT LUBUK GAUNG, DUMAI, PROVINSI RIAU**

**Student Name** : Yuliana Safitri Batubara  
**NRP** : 3115040513  
**Department** : Diploma IV LJ Teknik Sipil  
**Faculty** : FTSP - ITS  
**Advisers** : 1. Ir. Chomaedhi CES, Geo  
2. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS

**Abstract**

Dumai has advantages as one of the cities in Riau Province that has an opportunity to exploit the potential of harbor development. It was because of Dumai is located in Selat Malaka International trade.

In response to the rapid growth in coal shipments from the port of Dumai, it is necessary to built a new dock with larger capacity.

The purpose of this final project is to plan the structure of coal jetty of 15000 DWT safely and efficiently. Analysis were performed using SAP 2000 program with 3D models.

From the analysis we can get the dimension of coal jetty 156 x 29 meters and two nos of trestle with 9 x 120 meters long. The upper structure of coal jetty and trestle are planned using concrete materials. While the under structure using steel pipe piles.

**Keywords:** *Coal Jetty, trestle, steel pipe pile*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	iii
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	3
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Lokasi Dermaga .....	4

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penetapan Tata Letak dan Dimensi .....	6
2.1.1. Dimensi Dermaga .....	6
2.1.2. Elevasi Apron .....	6
2.1.3. Dimensi Plat .....	8
2.1.4. Dimensi Balok .....	8
2.1.5. Dimensi Tiang Pancang .....	10
2.1.6. Dimensi Poer .....	13
2.2. Pembebanan .....	13
2.2.1. Beban Vertikal .....	13
2.2.2. Beban Horizontal .....	15
2.2.2.1. Beban Tumbukan Kapal .....	15
2.2.2.2. Beban Tambatan Kapal .....	18
2.2.2.3. Beban Gempa .....	21

2.2.3. Kombinasi Pembebanan .....	27
2.3. Analisa Struktur dan Penulangan .....	28
2.3.1. Penulangan Plat .....	28
2.3.2. Kontrol Stabilitas Lendutan Plat .....	33
2.3.3. Penulangan Balok .....	33
2.3.4. Kontrol Stabilitas Balok .....	40
2.3.5. Penulangan Poer .....	41
2.3.6. Analisa Daya Dukung Pondasi .....	41

### BAB III METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data .....	45
3.2. Spesifikasi Kapal .....	45
3.3. Spesifikasi Dermaga .....	45
3.4. Analisa Perencanaan Struktur .....	46
3.5. Penulisan Laporan .....	48
3.6. Penggambaran Struktur .....	48
3.7. Bagan Metodologi .....	49

### BAB IV KRITERIA DESAIN

4.1. Peraturan yang Digunakan .....	51
4.2. Kriteria Kapal Rencana .....	51
4.3. Kualitas Material .....	52
4.3.1. Mutu Beton .....	52
4.3.2. Mutu Baja Tulangan .....	53
4.3.3. Tiang Pondasi .....	53
4.4. Penetapan Tata Letak dan Dimensi .....	55
4.4.1. Penetapan Tata Letak .....	55
4.4.2. Penetapan Dimensi .....	62
4.4.2.1. Tebal Plat Dermaga dan Trestle .....	62
4.4.2.2. Dimensi Balok Dermaga dan Trestle .....	62

4.4.2.3.	Dimensi Tiang Pancang Baja .....	66
4.4.2.4.	Dimensi Poer .....	71
4.5.	Pembebanan .....	72
4.5.1.	Beban Vertikal .....	72
4.5.2.	Beban Horizontal .....	79

## BAB V ANALISA STRUKTUR

5.1.	Analisa Struktur .....	97
5.1.1.	Model Struktur Dermaga dan Trestle .....	97
5.1.2.	Model Struktur Plat .....	98
5.2.	Perencanaan Plat .....	103
5.2.1.	Penulangan Plat Dermaga .....	103
5.2.2.	Kontrol Lendutan Plat .....	112
5.3.	Perencanaan Balok .....	114
5.3.1.	Penulangan Balok Dermaga .....	114
5.4.	Perencanaan Balok Fender .....	128
5.5.	Perencanaan Poer .....	132
5.6.	Perhitungan Panjang Penyaluran .....	142
5.7.	Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah .....	150

## BAB VI PENUTUP

6.1.	Kesimpulan .....	163
6.2.	Saran .....	168

## LAMPIRAN

## DAFTAR PUSTAKA

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Lokasi Dermaga .....	7
Tabel 2.2. Ketentuan Penetapan Boulder .....	20
Tabel 2.3. Penjelasan Peta Gempa .....	23
Tabel 4.1. Spesifikasi Kapal Rencana .....	51
Tabel 4.2. Spesifikasi Tiang Pancang .....	53
Tabel 4.3. Data Tiang Pancang Dermaga .....	66
Tabel 4.4. Data Tiang Pancang Trestle .....	66
Tabel 4.5. Panjang Penjepitan Tiang $\phi$ 762 mm .....	68
Tabel 4.6. Panjang Penjepitan Tiang $\phi$ 914 mm .....	69
Tabel 4.7. Dimensi Poer .....	71
Tabel 4.8. Momen Maksimum akibat Boom Crane .....	73
Tabel 4.9. Data Tanah .....	93
Tabel 4.10. Zona Gempa .....	95
Tabel 4.11. Respon Spektrum Wilayah Gempa 3 .....	96
Tabel 5.1. Dimensi Poer Dermaga .....	128
Tabel 5.2. Kapasitas Tiang Diameter 914 mm .....	151
Tabel 5.3. Kapasitas Tiang Diameter 762 mm .....	157
Tabel 6.1. Dimensi Balok Dermaga .....	163
Tabel 6.2. Dimensi Balok Trestle .....	164
Tabel 6.3. Dimensi Poer .....	164
Tabel 6.4. Pembebanan pada Dermaga .....	165
Tabel 6.5. Penulangan Plat Lantai .....	166
Tabel 6.6. Penulangan Balok Dermaga .....	166
Tabel 6.7. Penulangan Balok Trestle .....	167
Tabel 6.8. Penulangan Poer .....	167
Tabel 6.9. Resume Daya Dukung Tiang .....	167

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Dermaga .....	4
Gambar 1.2. Layout Dermaga .....	4
Gambar 2.1. Sketsa Definisi Kedalaman Tiang .....	11
Gambar 2.2. Penyebaran Beban Akibat Roda Kendaraan .....	14
Gambar 2.3. LHM Crane 320 .....	15
Gambar 2.4. Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar .....	23
Gambar 2.5. Peta Respon Spektra Percepatan 0.2 Detik ( $S_s$ ) .....	24
Gambar 2.6. Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik ( $S_1$ ) ....	24
Gambar 2.7. Peta Percepatan Puncak Batuan Dasar .....	25
Gambar 2.8. Peta Respon Spektra Percepatan 0.2 Detik ( $S_s$ ) .....	25
Gambar 2.9. Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik ( $S_1$ ) ....	26
Gambar 2.10. Diagram Alir Perhitungan Tulangan Plat .....	31
Gambar 2.11. Diagram Alir Perhitungan Tulangan Plat .....	32
Gambar 2.12. Diagram Alir Perhitungan Tulangan Torsi ....	36
Gambar 2.13. Diagram Alir Perhitungan Tulangan Torsi ....	36
Gambar 2.14. Diagram Alir Perhitungan Tulangan Geser ....	39
Gambar 3.1. Bagan Metodologi Perencanaan .....	50
Gambar 4.1. Layout Dermaga dan Trestle .....	56
Gambar 4.2. Posisi Dermaga terhadap Kapal .....	58
Gambar 4.3. Tampak Depan Dermaga .....	59
Gambar 4.4. Tampak Samping Dermaga .....	60
Gambar 4.5. Tampak Samping Trestle .....	61
Gambar 4.6. Sketsa Kedalaman Minimum Tiang Pancang ..	67
Gambar 4.7. Arah Boom Kondisi I.....	74
Gambar 4.8. Arah Boom Kondisi II.....	75
Gambar 4.9. Arah Boom Kondisi III .....	75
Gambar 4.10. Movable Hopper .....	78
Gambar 4.11. Dyna Arch Fender Type A .....	81

Gambar 4.12. Posisi Kapal saat LWS .....	83
Gambar 4.13. Posisi Kapal saat HWS .....	84
Gambar 4.14. Pemasangan Fender Arah Horizontal .....	85
Gambar 4.15. Gaya yang Bekerja pada Boulder .....	86
Gambar 4.16. Grafik Respon Spektrum .....	96
Gambar 5.1. Model Struktur Dermaga .....	97
Gambar 5.2. Model Struktur Trestle .....	98
Gambar 5.3. Tipe Plat Dermaga .....	98
Gambar 5.4. Tipe Tumpuan Plat Tepi .....	99
Gambar 5.5. Kontur Momen Plat akibat Beban Mati Merata M11 .....	100
Gambar 5.6. Kontur Momen Plat akibat Beban Mati Merata M22 .....	100
Gambar 5.7. Kontur Momen Plat akibat Beban Truk M11	100
Gambar 5.8. Kontur Momen Plat akibat Beban Truk M22	101
Gambar 5.9. Kontur Momen Plat akibat Beban LHM Crane M11 .....	101
Gambar 5.10. Kontur Momen Plat akibat Beban LHM Crane M22 .....	101
Gambar 5.11. Kontur Momen Plat akibat Beban Hidup Merata M11 .....	102
Gambar 5.12. Kontur Momen Plat akibat Beban Hidup Merata M22 .....	102
Gambar 5.13. Detail Balok Fender .....	128
Gambar 5.14. Gaya pada Penumpu Balok Femder .....	128
Gambar 5.15. Poer Type A dengan Balok Fender .....	132
Gambar 5.16. Tampak Atas Poer Type A .....	133
Gambar 5.17. Tampak Atas Poer Type B .....	136
Gambar 5.18. Asumsi Panjang Tekuk Tiang D 914 mm ....	154
Gambar 5.19. Asumsi Panjang Tekuk Tiang D 762 mm ....	160

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dumai adalah sebuah kota di provinsi Riau, Indonesia, sekitar 188 Km dari kota Pekanbaru. Kota Dumai memiliki keunggulan sebagai salah satu kota di Provinsi Riau yang berpeluang untuk memanfaatkan potensi pengembangan pelabuhan laut, dimana Dumai berada pada posisi lintas perdagangan Internasional Selat Malaka yang dikelola oleh PELINDO I dan beberapa pelabuhan rakyat.

Selain sebagai pintu perdagangan minyak sawit mentah, Pelabuhan Dumai juga difungsikan sebagai transportasi Batu bara yang diproduksi hampir di seluruh kabupaten di Provinsi Jambi. Dengan jumlah cadangan batubara sekitar 800 juta ton.

Jambi (ANTARA News 27/8/2015) - Pejabat pada Dinas Energi Sumber Daya Alam (ESDM) Provinsi Jambi menyebutkan, cadangan batubara di Provinsi Jambi masih sekitar 800 juta ton yang tersebar di setiap kabupaten di provinsi itu. Beliau juga menjelaskan, batubara hasil produksi tersebut diekspor ke luar negeri seperti Tiongkok, Jepang dan India. Sementara yang dijual di Jambi hanya sekitar lima persen.

Menyikapi pesatnya pertumbuhan pengapalan batubara dari pelabuhan Dumai seperti dijelaskan di atas,

maka perlu dibangun dermaga baru dengan kapasitas muat yang cukup besar.

Struktur dermaga ini direncanakan dengan menggunakan struktur beton dengan bobot kapal rencana sebesar 15000 DWT.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan pada latar belakang diatas, maka dapat ditarik rumusan masalah yaitu, bagaimana cara merencanakan struktur dermaga yang mampu melayani kapal dengan kapasitas 15000 DWT.

## **1.3 Batasan Masalah**

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dalam penyusunan tugas akhir dan keterbatasan waktu maupun disiplin ilmu yang dikuasai, maka perlu dipakai batasan permasalahan yang meliputi :

1. Perhitungan struktur dititik beratkan pada struktur dermaga dan trestle.
2. Perumusan yang digunakan sesuai dengan literatur yang ada sehingga tidak ada penurunan rumus.
3. Design struktur yang dilakukan adalah untuk mengetahui dimensi, analisis struktur dan kontrolnya.
4. Tidak meninjau metode pelaksanaan dan analisa anggaran biaya.
5. Analisa struktur menggunakan program SAP 2000.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah merencanakan struktur dermaga batubara dengan kapasitas 15000 DWT yang aman dan efisien.

#### **1.5 Manfaat**

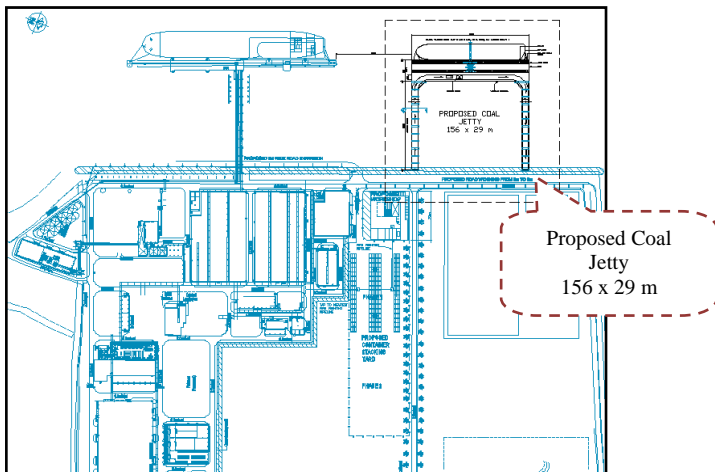
Manfaat yang dapat diperoleh dari proyek akhir perencanaan struktur dermaga batubara dengan kapasitas 15000 DWT Lubuk Gaung, Dumai, Riau adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan suatu design dermaga yang dapat menampung kapal batubara dengan kapasitas muat 15000 DWT.
2. Menambah wawasan dan pengalaman mengenai perencanaan struktur dermaga.
3. Sebagai bahan referensi dalam merencanakan struktur dermaga bagi pembaca.

## 1.6 Lokasi Dermaga



Gambar 1.1. Lokasi Kota Dumai Provinsi Jambi



Gambar 1.2. Layout Dermaga

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Ada beberapa tahap yang akan dikerjakan dalam perencanaan struktur dermaga ini. Tahap pertama yaitu penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur lainnya. Penetapan dimensi dermaga meliputi penetapan panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang mengacu pada *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984*. Ada beberapa hal yang ditinjau dalam penetapan dimensi elemen struktur yaitu elemen plat, balok, poer dan tiang pancang berdasarkan **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992**.

Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan yang meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Yang termasuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, beban gempa, dan beban gelombang. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan pada peraturan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984* dan *Technical Standards for Ports and Harbour Facilities in Japan, 1980*.

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur plat dan balok. Perencanaan penulangan berdasarkan pada **PBI 1971** dan **SNI T-12-2004**.

Tahap keempat adalah perhitungan daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari permodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan tanah.

## **2.1. Penetapan Dimensi**

Perencanaan dimensi demaga ini meliputi, dimensi dermaga, elevasi apron, plat, balok memanjang, tiang pancang dan pile cap (poer).

### **2.1.1 Dimensi Dermaga**

Panjang dermaga ditentukan berdasarkan ukuran serta jumlah kapal yang bertambat. Secara prinsip menurut *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*, pasal VII.1.1. halaman 29, panjang dermaga rencana adalah  $Loa + 10 \text{ m}$  atau  $Loa + 10 \% Lo$ .

Sedangkan untuk lebar apron dermaga secara umum ditentukan dengan mempertimbangkan kegunaan dari dermaga tersebut, ditinjau dari jenis dan volume barang yang ditangani serta sistem penanganannya. Lebar apron dermaga juga disesuaikan dengan kebutuhan manuver truk.

### **2.1.2 Elevasi Apron**

Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga ini didasarkan pada *Standard design Criteria for Ports ini Indonesia, 1984*, pasal



**6.2.5 halaman 27**, yaitu  $(1,05 - 1,15) \times$  sarat maksimum.

Pengertian apron pada dermaga adalah bagian (area) muka dermaga sampai ke depan gudang tempat terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga (apron) ditentukan oleh keadaan pasang surut dan jenis kapal rencana. Berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*, pasal VII.1.3.halaman 29, ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWS berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Elevasi Dermaga diatas HWS

	Pasang Surut terbesar 3m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

Berdasarkan ketentuan tabel 2.1., penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar, pasang surut lebih dari 3 m adalah 0,5 – 1,5 m diatas HWS.

### 2.1.3 Dimensi Plat

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban mati dan beban hidup yang bekerja langsung di atasnya. Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder untuk menambatkan kapal.

Pelat lantai pada dermaga berdasarkan **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Tabel 5.2 hal 5-4**, harus mempunyai tebal minimum (D) yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

$$D \geq 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$D \geq 100 + 0,04L \text{ mm} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dengan :

D = tebal plat lantai (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat dan tumpuan

### 2.1.4 Dimensi Balok Rencana

Dalam suatu struktur dermaga, terdapat balok yang terletak di bawah plat lantai dermaga yang terdiri dari balok memanjang dan melintang. Perencanaan dimensi balok memanjang dan melintang mengacu

pada **Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Section 5 hal.5-4**, yakni tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan mamadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0.06L \dots\dots\dots (2-3)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar (balok memanjang dan melintang)

L= panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

### **Kontrol Kelangsingan Balok**

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2 hal : 6 - 47** Kontrol kelangsingan minimum balok atau gelagar digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \geq 240 \frac{b_{eff}}{D} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \geq 60 \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan :

L<sub>t</sub> = Jarak antar pengekang melintang (mm)

b<sub>eff</sub> = Lebar balok (mm)

D = Tinggi total balok (mm)

### 2.1.5 Dimensi Tiang Pancang Rencana

Jenis pondasi pada struktur bangunan bawah dermaga Batubara ini direncanakan menggunakan tiang pancang baja (*steel pipe piles*). Dalam perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan trial dan error (coba-coba) dengan menggunakan SAP 2000, dicari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangkan :

- a. Model struktur potongan melintang
- b. Susunan tiang pancang
- c. Banyak sedikitnya tiang pancang
- d. Modifikasi dimensi tiang pancang

### Penentuan Panjang Penjepitan Tiang

Pondasi tiang pancang dimodelkan dengan perletakan jepit pada kedalaman dimana diasumsikan tiang pancang berada pada kondisi terjepit penuh.

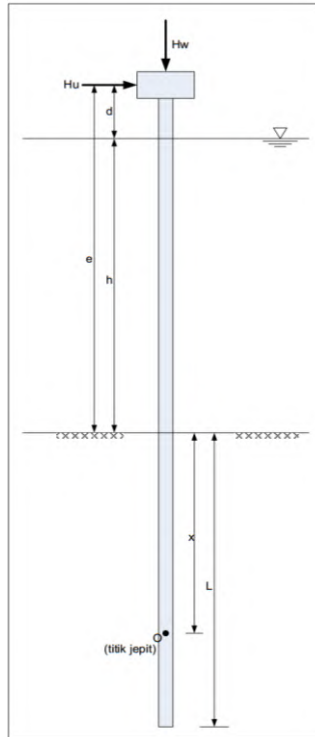
Perhitungan awal panjang titik jepit dilakukan dengan metode OCDI (2002). Kedalaman titik jepit virtual ini dapat dipertimbangkan berada pada kedalaman  $x$  di bawah muka tanah. Nilai  $x$  sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$x = \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{K_h B}{4 EI}}} \dots \dots \dots (2-6)$$

Dengan :

$$\begin{aligned} K_h &= \text{Subgrade reaction number} \\ &= 0.15 \cdot \text{NSPT (kg/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

- $B$  = Diameter tiang (cm)  
 $E$  = modulus elastic tiang =  $2.1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)  
 (untuk tiang pancang baja)  
 $I$  = momen inersia tiang (cm<sup>4</sup>)



Gambar 2.1. Sketsa definisi kedalaman minimum tiang pancang

Dengan :

$H_u$  = gaya lateral pada Dermaga

$H_w$  = gaya normal pada Dermaga

- d = jarak dari pusat beban lateral ke muka air
- h = kedalaman perairan
- e = jarak dari pusat beban lateral ke dasar perairan
- O = titik jepit tiang pancang
- x = jarak dari muka tanah ke titik jepit tiang
- L = panjang tiang terbenam

Dari sketsa definisi tersebut, kedalaman tiang pancang yang dimaksud adalah nilai  $L$  dan  $x$ .  $L$  adalah kedalaman tiang pancang di dalam tanah yang mampu menerima beban-beban yang bekerja pada arah lateral,  $H_u$ , dan arah aksial,  $H_w$ .  $x$  adalah panjang tiang pancang di dalam tanah sampai ke titik jepitnya atau *fixity point*.

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, diambil persyaratan teknis menurut ***Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan 1980*** sebagai berikut :

Untuk pile baja:

$$\alpha = 0 \rightarrow \frac{l}{d} \leq 120 \dots\dots\dots(2-7)$$

$$\alpha = \frac{l}{2d} - 60 \rightarrow \frac{l}{d} > 120 \dots\dots\dots(2-8)$$

Dengan :

$l$  = Panjang tiang yang berpengaruh tekuk (mm)

$d$  = Panjang diameter tiang (mm)

$\alpha$  = Faktor reduksi

### 2.1.6 Dimensi Poer

Poer (pile cap) berfungsi sebagai konstruksi penahan eksentrisitas di lapangan. Penentuan dimensi poer dalam perencanaan didasarkan pada kekuatan poer itu sendiri.

## 2.2 Pembebanan

Pada struktur dermaga, beban – beban yang bekerja meliputi beban vertikal (beban sendiri struktur, beban lantai dan balok, beban truk, beban crane) dan beban horizontal (beban benturan kapal, beban tambatan kapal, gaya gempa, gaya gelombang). Hasil perhitungan beban secara manual akan diinput kedalam program komputer SAP 2000 untuk mengetahui gaya axial, gaya geser (shear force), momen dan torsi.

### 2.2.1 Beban Vertikal

#### a. **Beban Berat Sendiri Konstruksi (beban merata):**

- Beban sendiri plat lantai kendaraan ( $t = 35 \text{ cm}$ )
- Beban aspal beton ( $t = 5 \text{ cm}$ )

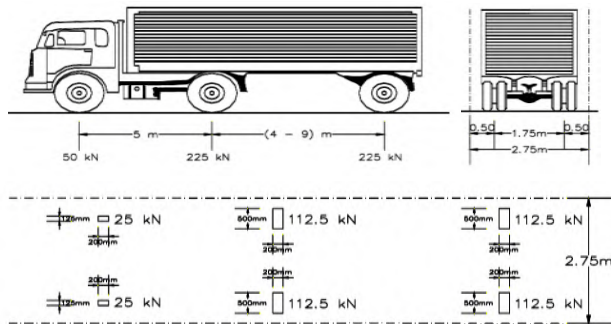
#### b. **Beban Hidup Merata.**

Beban hidup merata biasanya untuk menampung muatan-muatan (dalam hal ini Batubara) dan umumnya diambil 2000 s.d 4000 kg/m<sup>2</sup>. (Soedjono Kramadibrata, 2002 : 233)

c. **Beban Terpusat**

• **Beban Truk T**

Pembebanan truk T terdiri dari kendaraan truk semitrailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat pada gambar 2.1. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban rata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1.berikut ini :



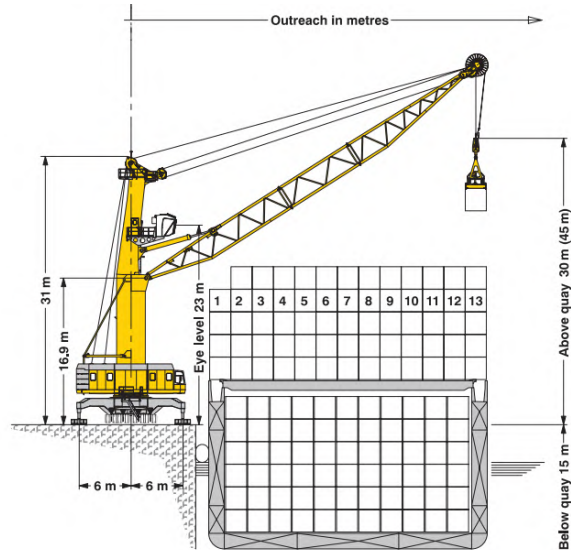
Gambar 2.2. Model penyebaran beban akibat roda kendaraan

• **Beban LHM Crane**

Peralatan bongkar muat dermaga batubara direncanakan menggunakan LHM crane 320. Berdasarkan *Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour facilities in Japan*, untuk beban akibat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat berada



diatas dermaga. Dalam kasus ini berat total crane adalah 345 ton. Posisi crane dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.3. *Liebherr harbor mobile crane Type LHM 320*

## 2.2.2 Beban Horisontal

### 2.2.2.1 Beban Tumbukan Kapal (*Berthing Force*)

Pada saat merapat ke dermaga kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Gaya yang ditimbulkan oleh benturan tersebut disebut gaya sandar (*Berthing Forces*). Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan

penuh menghantam dermaga pada sudut  $10^\circ$  terhadap sisi depan dermaga.

Besar energi tumbukan dihitung berdasarkan rumus pada buku **Perencanaan Pelabuhan Bambang Triadmodjo, 2010, Hal 218**. Rumus ini digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang akan digunakan.

$$E = \frac{W \cdot v^2}{2g} C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c \dots\dots\dots(2-9)$$

Dengan :

E = Energi tambat kapal (tm)

v = Kecepatan bertambat kapal (m/s)

g = Percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ) =  $9,8 \text{ m/s}^2$

W = Virtual Weight

$C_m$  = Koefisien massa

$C_e$  = Koefisien eksentrisitas

$C_s$  = Koefisien kekerasan

$C_c$  = Koefisien bentuk

- **Penentuan Tipe dan Dimensi Fender**

Tipe dan dimensi fender harus memenuhi syarat, yaitu :

$$E \text{ (energy tumbukan) (ton)} \leq n \times E_{\text{fender}} \text{ (ton)}$$

- **Jarak Fender**

Spasi Fender arah horisontal menurut *New Selection of Fender, Sumitomo*, pasal 5-1 rumus 9.1 adalah :

$$\text{Jarak Fender} = 2 \sqrt{Hf \left[ \frac{B}{2} + \frac{L^2}{8b} - Hf \right]} \dots\dots\dots (2-10)$$

Dengan :

$Hf$  = Tebal Fender (m)

$B$  = Lebar Kapal (m)

$L$  = Panjang Kapal (m)

- **Penentuan Elevasi Fender**

a. Elevasi Tepi Atas Fender

$$hi = \frac{Hf(1-\delta_{maks})}{tg\theta} \dots\dots\dots (2-11)$$

Dengan :

$hi$  = Jarak Atas Fender (m)

$Hf$  = Tebal Fender (m)

$\delta_{maks}$  = Defleksi maksimum rencana (%)

b. Elevasi Tepi bawah

Penentuan elevasi tepi bawah fender yaitu :

Elevasi tepi bawah = Elv. Top of fender -  $L_{fender}$

- **Penentuan gaya reaksi Fender (R)**

a. Energi yang diserap fender ( $E_{fender}$ )

$$E_{fender} = \frac{E}{2\chi Ls} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dengan :

$E_{fender}$  = Energi yang diserap Fender (KNm)

$E$  = Energi tumbukan (KNm)

$Ls$  = Tinggi bidang sentuh rencana antar kapal dan fender (m)

b. Energi reaksi tiap fender ( $E_{\text{fender}}$ )

$$R' = \frac{Rn}{L} \times Ls' \dots\dots\dots(2-13)$$

Dengan :

$R'$  = Reaksi Tiap Fender (KN)

$Rn$  = Karakteristik fender rencana (ton/m),  
nilai  $Rn$  ditentukan berdasarkan kurva karakteristik  
fender rencana

$Ls'$  = Tinggi bidang sentuh kapal terkoreksi  
(m)

$L$  = Panjang Fender (m)

#### **2.2.2.2 Beban Bertambat Kapal (*Mooring Force*)**

Kapal yang merapat di dermaga akan ditambatkan dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *Bollard*. Pengikatan ini dimaksudkan untuk menahan gerakan kapal yang disebabkan oleh angin dan arus. Gaya tarikan kapal pada alat penambat yang disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal disebut dengan gaya tambat (*Mooring Forces*). *Bollard* diangker pada dermaga dan harus mampu menahan gaya tarikan kapal. Berikut ini metode untuk menghitung gaya tarikan kapal yang ditimbulkan oleh angin dan arus.

- **Gaya Tambat Kapal Akibat Pengaruh Angin**

Secara umum, gaya akibat pengaruh angin dihitung berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia*, 1984, hal. 11 dengan rumus sebagai berikut:

$$R_w = 0,5 \times \rho \times C \times v^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \quad (2-14)$$

Dengan :

$R_w$  = Gaya resultan akibat pengaruh angin (Kg)

$\rho$  = berat jenis udara ( $0,123 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4$ )

$C$  = Koefisien Tekanan Angin

$A$  = Luas bagian depan kapal diatas permukaan air ( $\text{m}^2$ )

$B$  = Luas bagian samping kapal diatas permukaan air ( $\text{m}^2$ )

$\theta$  = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal ( $^\circ$ )

- **Gaya Tambat Kapal Akibat Pengaruh Arus**

Secara umum, gaya akibat pengaruh arus dihitung berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia*, 1984, hal. 12 dengan rumus sebagai berikut:

$$R = C_c \times \gamma_c \times A_c \times v^2 / 2g \quad \dots\dots\dots (2-15)$$

Dengan :

$R$  = Gaya resultan arus (ton)

$\gamma_c$  = Berat jenis air laut ( $\text{t}/\text{m}^3$ )

$C_c$  = Koefisien tekanan arus

$A_c$  = Luas tampang kapal yang terendam air ( $\text{m}^2$ )

$v$  = Kecepatan arus ( $\text{m}/\text{s}$ )

- **Menentukan posisi boulder dermaga**

Penentuan posisi boulder berdasarkan ketentuan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, tabel 7.5 hal. 33* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Ketentuan Penetapan Boulder

Gross Tonnage of ship (Ton)	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Installation per Berth
- 2.000	10 - 15	4
2.001 - 5.000	20	6
5.001 - 20.000	25	6
20.001 - 50.000	35	8
50.001 - 100.000	45	8

- **Perencanaan Dimensi Boulder**

- Perhitungan gaya-gaya yang diterima boulder untuk menentukan dimensi boulder
- Menentukan diameter angker boulder dengan menggunakan rumus :

$$d = \sqrt{\frac{As}{\pi}} \dots\dots\dots(2-16)$$

Dengan :

d = Diameter angker boulder (mm)

As = Luas Angker Boulder

$\pi$  = 3,14

- Menentukan tebal plat dasar dengan menggunakan rumus :

$$tp = \sqrt{\frac{6M}{l_{plat} \times \sigma}} \dots\dots\dots (2-17)$$

Dengan :

$$\begin{aligned} tp &= \text{Tebal plat dasar (mm)} \\ l_{plat} &= \text{diambil per 1 meter} = 1000 \text{ mm} \\ \sigma &= 2400 \text{ kg/cm}^2 = 235,2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan memperhitungkan korosi selama umur dermaga dengan laju korosi per tahun, maka:

$$tp' = tp + (\text{umur rencana} \times \text{laju korosi})$$

- Menentukan penjangkaran baut boulder

$$L_{penjangkaran} = \frac{100 \times d_{angker}}{\sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots (2-18)$$

### 2.2.2.3 Beban Gempa

Dalam perencanaan dermaga pengaruh dari gempa diperhitungkan, sehingga dermaga tersebut nantinya mampu menahan beban gempa yang terjadi. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik ( $C_{sm}$ ) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan factor modifikasi respon ( $R$ ) (**RSNI 2833-2013**) dengan formulasi sebagai berikut:

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R} \times Wt \dots\dots\dots(2-19)$$

Dengan :

EQ = Gaya gempa horizontal statis (kN)

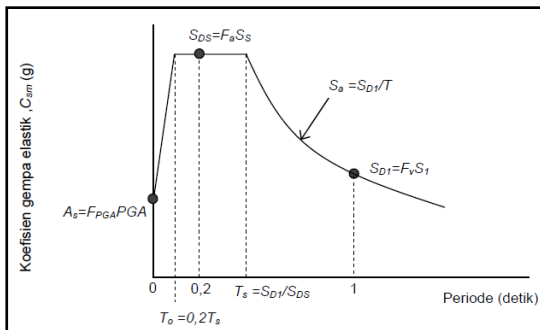
CSM = Koefisien respon gempa elastik pada moda getar ke-m

R = Faktor modifikasi respon

Wt = Berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup (kN)

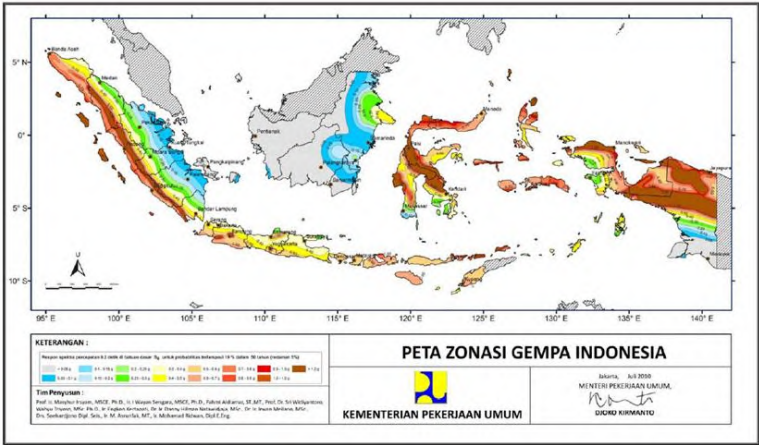
Koefisien respons elastik  $C_{sm}$  diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan (**Gambar 2.3** hingga **Gambar 2.8**) sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana.

Pada perencanaan ini, beban gempa menggunakan fungsi *respons spectrum* yang diinput pada program bantu SAP 2000. Metode gempa ini menggunakan metode gempa dinamis. Grafik respon spektrum dapat dilihat pada gambar berikut:

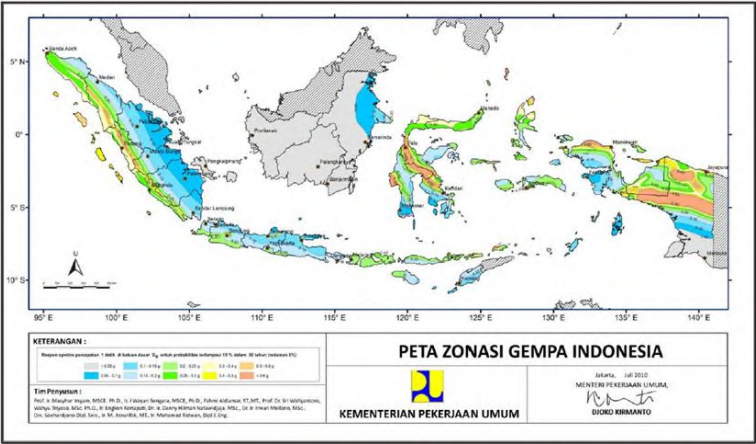




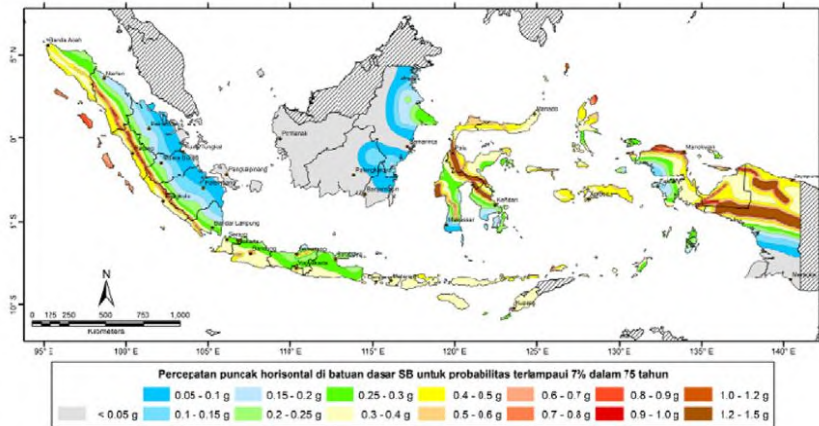




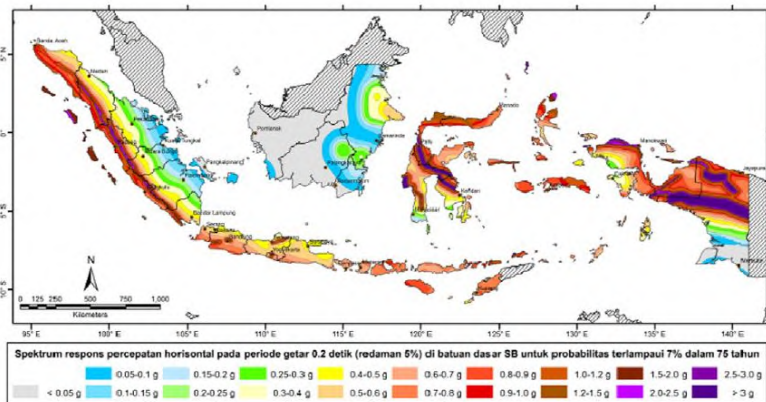
Gambar 2.5 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



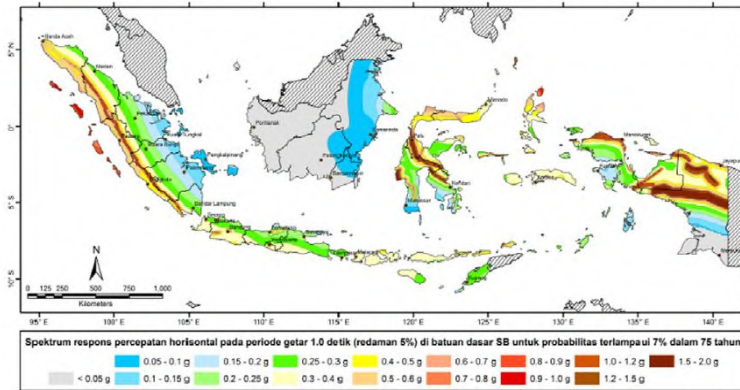
**Gambar 2.6** Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun



Gambar 2.7 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.8 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.9 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Koefisien respons gempa elastik ditentukan berdasarkan 3 kondisi, yaitu:

1. Untuk  $T < T_0$

$$C_{sm} = (SDS - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad \text{.....(2-20)}$$

$$A_s = FPGA \times PGA \quad \text{.....(2-21)}$$

Dengan :

$CSM$  = Koefisien gempa elastik

$SDS$  = Nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik)

$FPGA$  = Faktor amplikasi periode pendek

$PGA$  = Percepatan puncak batuan dasar

2. Untuk  $T_0 < T < T_s$

$$C_{sm} = SDS \quad \text{.....(2-22)}$$

3. Untuk  $T > T_s$

$$C_{sm} = \frac{SD1}{T} \dots\dots\dots (2-23)$$

Dengan :

$SD1$  = Nilai spektra permukaan tanah pada periode 1 detik

$CSM$  = Koefisien gempa elastik

Setelah nilai koefisien gempa elastik diperoleh, langkah selanjutnya ialah menentukan nilai factor modifikasi respon (R). Berdasarkan **RSNI 2833-2013 pasal 5.9.3.2.**, nilai factor modifikasi respon untuk gaya gempa yang dimodifikasi diambil sama dengan 1.

### 2.2.3 Kombinasi Pembebanan

Di dalam *Standard Design Criteria For Port in In Indonesia, januari (1984)* tidak mengatur cara kombinasi pembebanan tetapi hanya mengatur besarnya beban-beban yang bekerja. Sedangkan pada *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan (1980)*, pasal 8.3 ayat 1 disebutkan bahwa beban gempa, angin dan gaya tarik boulder dianggap sebagai beban pada kondisi khusus, yaitu beban sementara. Dalam perencanaan ini kombinasi pembebanan yang digunakan merujuk pada Standar Nasional Indonesia (**SNI 03-2847-2002**). Kombinasi pembebanan yang dipakai adalah sebagai berikut:

a. Kondisi Operasi

$$1,4DL$$

$$1,2DL + 1,6LL$$

b. Kondisi Kapal Sandar

$$1,2DL + 1,6LL + 1,6BL$$

$$1,2DL + 1,6LL + 1,6ML$$

c. Kondisi Gempa

$$1,2DL + 0,9LL + 1,0GX + 0,3GY$$

$$1,2DL + 0,9LL - 1,0GX - 0,3GY$$

$$1,2DL + 0,9LL + 1,0GY + 0,3GX$$

$$1,2DL + 0,9LL - 1,0GY - 0,3GX$$

Dengan :

DL = Dead Load (beban mati)

LL = Live Load (beban hidup)

ML = Mooring Load (beban tambat)

BL = Berthing Load (beban benturan)

Gx = Beban gempa yang bekerja pada arah x

Gy = Beban gempa yang bekerja pada arah y

## 2.3 Analisa Struktur dan Penulangan

### 2.3.1 Penulangan Pada Plat

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimate didasarkan pada besarnya momen yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja.

Standar yang dipergunakan dalam perencanaan pelat beton bertulang adalah **SNI T-12-2004**. Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur pelat lantai adalah sebagai berikut:

1. Menghitung momen terfaktor dengan analisis struktur ( $M_u$ ) menggunakan program bantu SAP 2000.
2. Hitung momen nominal,  $M_n = M_u / \phi$ , dimana  $\phi$  = faktor reduksi kekuatan lentur = 0,80 (**SNI T-12-2004 pasal 4.5.2 halaman 20**)

3. Tahanan momen nominal,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^3} \cdot \dots \dots \dots (2-24)$$

Dengan :

$b$  = Lebar pelat yang ditinjau (per 1 meter)

$d$  = Tebal efektif pelat lantai

4. Tahanan momen maksimum,

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \dots \dots \dots (2-25)$$

Dengan :

$$\beta_1 = 0,85 \rightarrow f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,008(f_c' - 30) \rightarrow f_c' > 30 \text{ MPa}$$

(**SNI T-12-2004 persamaan 5.1-1 dan 5.1-2**)

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b \dots \dots \dots (2-26)$$

$$R_{maks} = \rho_{maks} \times f_y \times \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \rho_{maks} \times f_y}{0,85 \times f_c'}\right) \dots \dots \dots (2-27)$$

5. Harus dipenuhi  $R_n < R_{maks}$

6. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}}\right) \dots \dots \dots (2-28)$$

7. Rasio tulangan minimum,

$$\frac{A_s}{bd} > \frac{1.4}{f_y} \dots\dots\dots(2-29)$$

**(SNI T-12-2004 pasal 5.5.3)**

8. Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2-30)$$

9. Jarak antar tulangan,

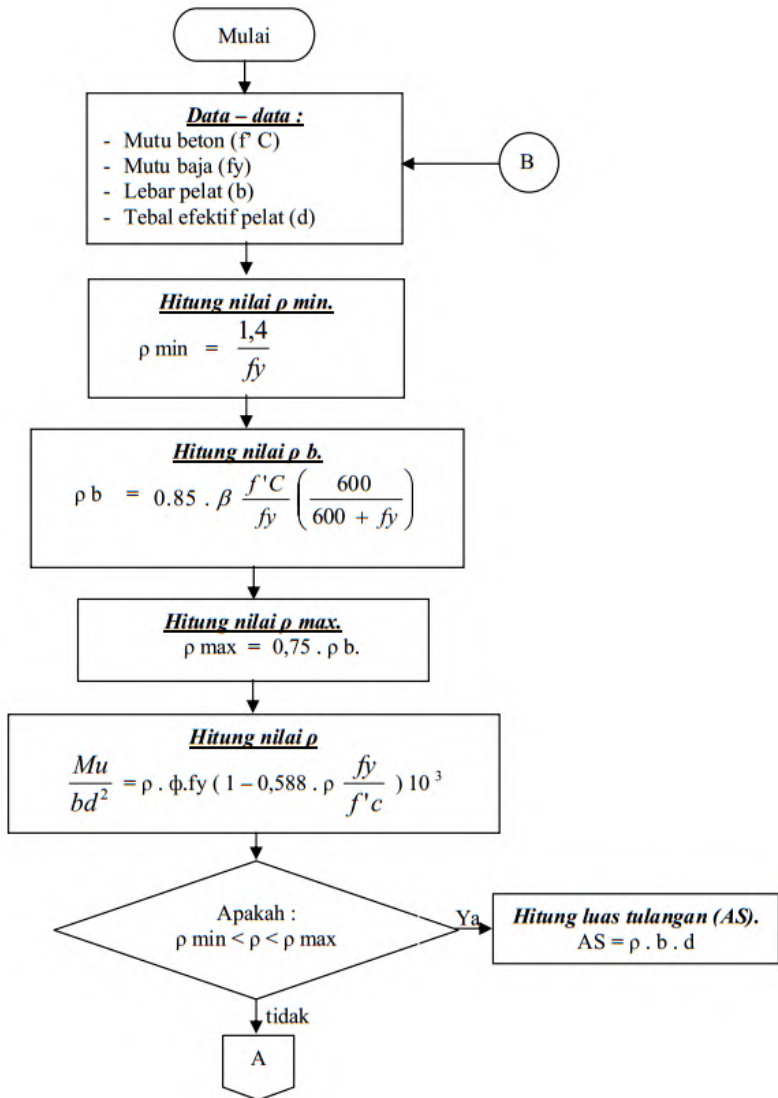
$$s = \frac{\frac{1}{4}\pi dt^2 \cdot b}{A_s} \dots\dots\dots(2-31)$$

Dengan :

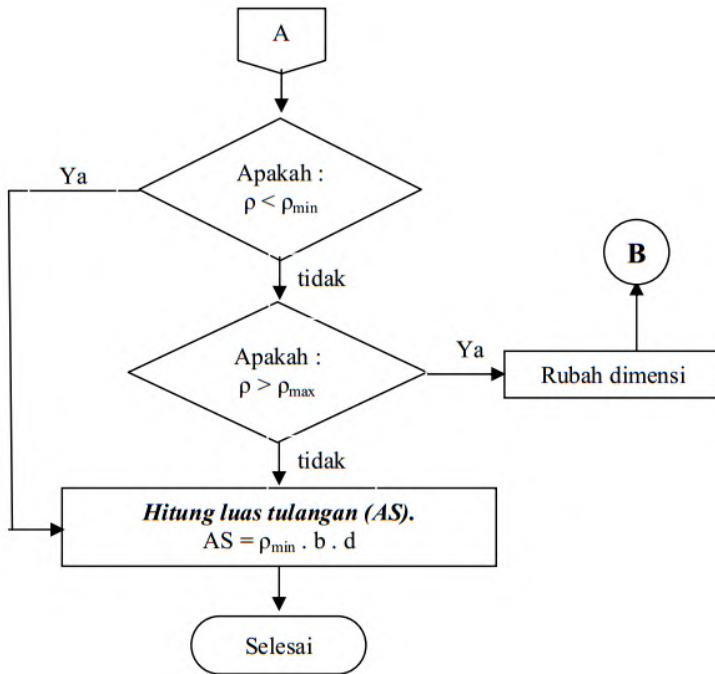
$dt$  = diameter tulangan.

Berikut disajikan diagram alir perhitungan penulangan plat lantai :





Gambar 2.10. Diagram alir perhitungan tulangan plat



Gambar 2.11. Diagram alir perhitungan tulangan plat

### 2.3.2 Kontrol Stabilitas Lendutan Plat

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 5.3* lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian hingga :

- Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas wajar, yaitu :  
 $0 < \Delta < L/300$
- Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :  
 $\Delta < L/800$  (untuk bentang)  
 $\Delta < L/300$  (untuk kantilever)  
 Ket :  
 $\Delta$  = Lendutan yang terjadi

### 2.3.3 Penulangan Pada Balok

Penulangan balok dermaga juga dilakukan dengan kondisi sebelum komposit (plat pracetak) maupun pada kondisi sesudah komposit direncanakan dengan tulangan rangkap. Dalam perhitungan penulangan perlu dilakukan kontrol retak dan lendutan (baik lendutan seketika dan jangka panjang) berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol. 1, pasal 5.4.2 hal 5-94**. Untuk momen, gaya lintang, dan nilai-nilai analisa mekanika lainnya diperoleh dari hasil analisis program bantu SAP 2000.

Penulangan pada balok diperhitungkan terhadap lentur, geser, torsi dan lendutan yang terjadi dengan beban yang sesungguhnya serta kontrol letak pada penampang balok.

- **Penulangan Lentur**

Penulangan lentur balok dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan lentur plat dengan persamaan berikut :

$$M_n = M_u / \phi$$

$$m = f_y / 0.85 \cdot f_c'$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

Rasio tulangan minimum :

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y$$

$$\rho_{max} = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0.75 \rho_{max}$$

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d$$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y$$

$$a = T / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \times (d - a/2)$$

Nilai  $\phi M_n$  harus lebih besar dari  $M_u$ .

- **Penulangan Torsi**

$T_u$  dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots \dots \dots (2-32)$$

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left( \frac{T_u \cdot p_h}{1.7 A_o h^2} \right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + \frac{2 \sqrt{f_c'}}{3} \right) \dots (2-33)$$

Tulangan Puntir tambahan untuk menahan geser harus direncanakan dengan menggunakan persamaan :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv}}{s} \cdot \cot \varphi \dots\dots\dots (2-34)$$

Dengan  $\varphi$   $T_n \geq T_u$

Tulangan puntir tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang dari pada:

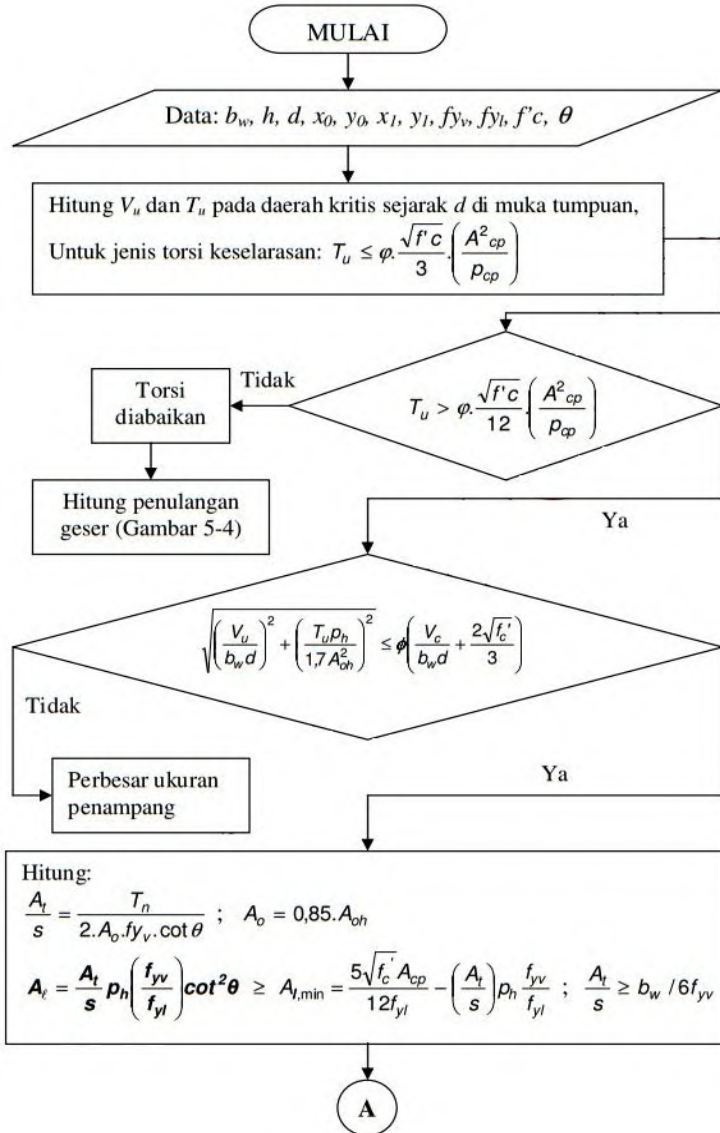
$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \cdot \cot^2 \varphi \dots\dots\dots (2-35)$$

Sedangkan luas total minimum tulangan puntir longitudinal harus dihitung dengan ketentuan:

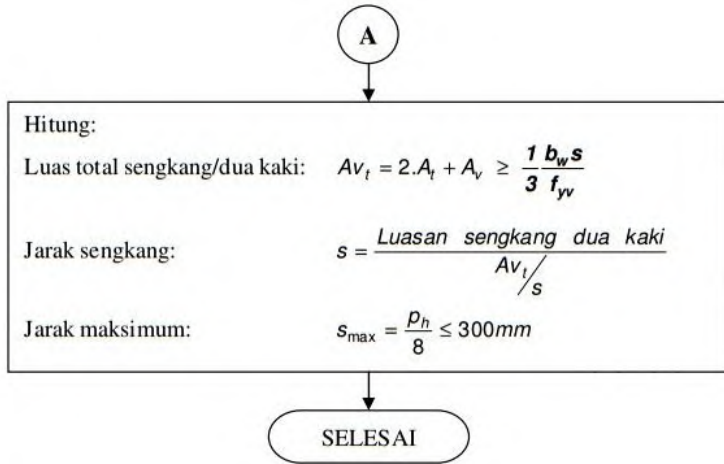
$$A_{l_{min}} = \frac{5 \sqrt{f_c'} \cdot A_{cp}}{12 f_{yl}} - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yl}}$$

Dengan  $A_t / s$  tidak kurang dari  $b_w / 6f_y$ .

Luas tulangan tambahan kemudian disebar merata ke 4 sisi balok.



Gambar 2.12. Diagram alir perhitungan tulangan torsi



Gambar 2.13. Diagram alir perhitungan tulangan torsi

### • Penulangan Geser

Perencanaan terhadap geser didasarkan mengacu pada SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung *SNI 2847-03-2002, pasal 13*.

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots (2-36)$$

Dan  $V_n$  adalah gaya geser terfaktor yang dihitung menurut :

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2-37)$$

Sedangkan  $V_c$  adalah kuat geser yang disumbangkan oleh beton yang dihitung menurut :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (2-38)$$

Cek kondisi :

Kondisi 1 :

$$V_u > \phi V_c \dots\dots\dots(2-39)$$

Tulangan geser diperhitungkan

Kondisi2:

$$V_u > 0,5\phi V_c \dots\dots\dots(2-40)$$

Tulangan geser minimum diperhitungkan

Perhitungan tulangan geser :

$$V_s = V_n - V_c \dots\dots\dots(2-41)$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \dots\dots\dots(2-42)$$

$$\frac{A_{v_{tot}}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \dots\dots\dots(2-43)$$

Sedangkan nilai  $A_v$  total minimum adalah :

$$A_v + 2 A_t = 75 \cdot \sqrt{f'c'} \frac{b_w \cdot s}{1200 \cdot f_{yv}} \dots\dots\dots(2-44)$$

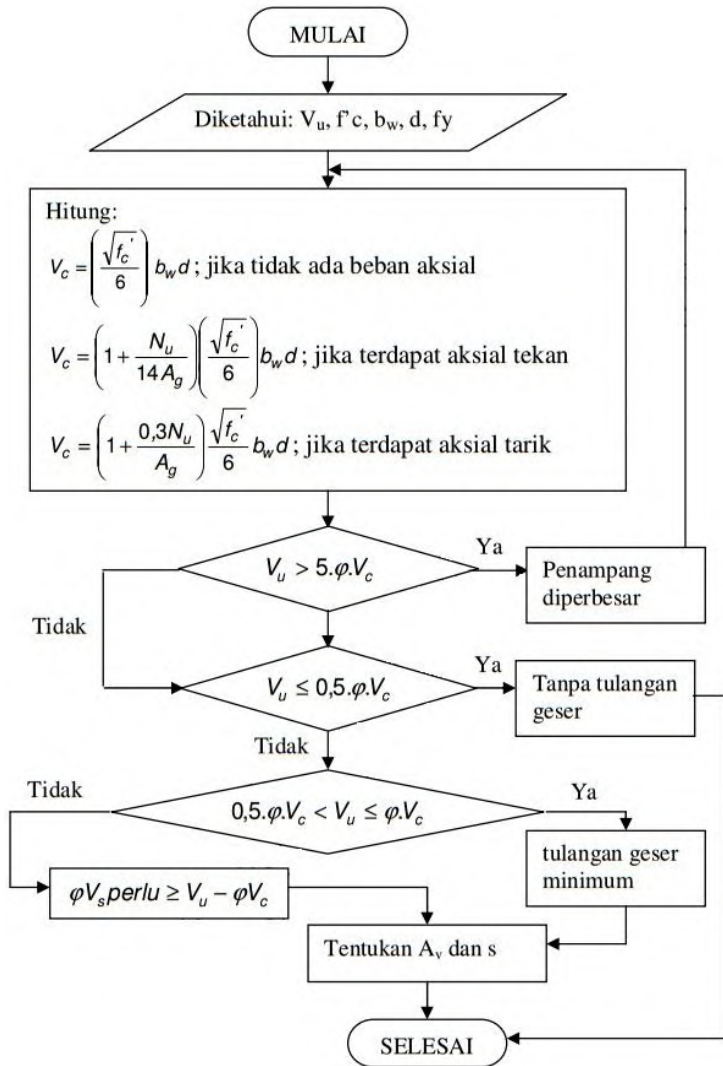
dan nilai  $A_v + 2 A_t$  tidak boleh kurang dari :

$$\frac{1}{3} b_w \frac{s}{f_{yv}} \dots\dots\dots(2-45)$$

Kontrol spasi :

$$S \text{ maksimum} = Ph/8 \text{ atau } 300 \text{ mm} \dots\dots\dots(2-46)$$





Gambar 2.14. Diagram alir perhitungan tulangan geser

### 2.3.4 Kontrol Stabilitas Balok

- Kontrol Retakan Lentur

Retakan gelagar dianggap terkendali pada keadaan layan, oleh pembagian penulangan sedemikian berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.1.a:**

1. Jarak antara pusat-pusat batang tulangan dekat permukaan tarik balok tidak boleh melebihi 200 mm.
2. Jarak dari pinggir atau dasar balok terhadap pusat batang tulangan memanjang terdekattidak boleh melebihi 100 mm.

Untuk maksud di atas, suatu batang tulangan dengan diameter lebih kecil dari setengah diameter batang terbesar dalam penampang melintang harus diabaikan.

- Kontrol Lendutan Balok

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2.a.** , lendutan pada balok (dan pelat) harus dibatasi sedemikian bahwa:

1. Lendutan akibat pengaruh tetap (lawan sudut atau lendutan) adalah dalam batas yang wajar. Batas berikut umumnya diinginkan  $0 < \text{lawan lendutan} < L/300$ .
2. Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, tidak boleh melebihi  $L/800$  untuk bentang dan  $L/400$  untuk kantilever.

Selanjutnya, untuk perhitungan lendutan, baik lendutan sesaat maupun jangka panjang, mengacu pada **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) Vol 1, pasal 5.3.2 Halaman 5-3.**

### 2.3.5 Penulangan Poer

Penulangan poer dihitung menggunakan rumus yang sama dengan metode perhitungan tulangan plat.

### 2.3.6 Analisa Daya Dukung Pondasi

#### 1. Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur utama dengan menggunakan program bantu SAP 2000, maka dapat dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang tegak dan miring.

#### 2. Data Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah SPT (Standard Penetration Test), diperoleh data-data yang diperlukan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang.

#### 3. Analisa Kapasitas Tiang Pancang (Pile) Berdasarkan Data SPT

$$P = \frac{A_p \times Q_d}{3} + \frac{A_s \times \sum L_i \times F_i}{3} \dots\dots\dots (2-47)$$

Dengan :

P = Kapasitas pile yang diijinkan

A<sub>p</sub> = Luas ujung tiang pancang (m<sup>2</sup>)

A<sub>s</sub> = Luas total permukaan tiang pancang

- Qd = Daya dukung tanah maksimum pada ujung pondasi  
 = 20 N untuk tanah lempung ( $t/m^2$ )  
 = 40 N untuk pasir ( $t/m^2$ )
- Fi = Gesekan pada permukaan tiang pada kedalaman i  
 =  $N/2 \ t/m^2$  untuk tanah lempung, maksimum  $12 \ t/m^2$   
 =  $N/5 \ t/m^2$  untuk pasir, maksimum  $10 \ t/m^2$
- Li = Panjang tiang pancang pada kedalaman i

4. Analisa Daya Dukung Akibat Beban Horizontal  
 Daya dukung horisontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang terjadi pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan berdasarkan *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, *Suyono S, Kazuto Nakazawa*, dengan persamaan berikut ini :

$$Ha = \frac{4EI \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \cdot \delta_\alpha \dots\dots\dots(2.48)$$

Dengan :

- Ha = kapasitas daya dukung horisontal tiang  
 E = modulus elastisitas bahan  
 I = momen inersia penampang  
 $\delta$  = pergeseran normal (diambil 1 cm)

$$k = \text{koefisien reaksi tanah dasar} \\ = k_o \cdot y^{-0,5} \dots\dots\dots(2.49)$$

$$k_o = 0,2 E_o \cdot D^{-3/4} \\ (\text{nilai } k \text{ apabila pergeseran diambil} \\ \text{sebesar 1 cm}) \dots\dots\dots(2.50)$$

$$y = \text{besarnya pergeseran yang dicari}$$

$$E_o = \text{modulus elastisitas tanah} \\ = 28 \text{ N} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$h = \text{tinggi tiang yang menonjol di atas} \\ \text{permukaan tanah}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 E I}} \dots\dots\dots(2.52)$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

Metodologi ini menggambarkan langkah-langkah perencanaan dalam menjawab rumusan masalah perencanaan. Hasil dari jawaban atas perumusan masalah tersebut akan diuraikan dalam bab selanjutnya. Adapun uraian dari metodologi yang ditunjukkan pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

#### **3.1. Pengumpulan Data**

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data sebagai berikut:

1. Data Angin
2. Data Gelombang dan Arus
1. Data Pasang Surut
2. Data Hujan
3. Data Bathymetri
4. Data Tanah

#### **3.2 Spesifikasi Kapal**

- |                        |         |       |
|------------------------|---------|-------|
| 1. Kapasitas Angkut    | : 15000 | DWT   |
| 2. Panjang Total LOA   | : 145   | meter |
| 3. Lebar (B)           | : 21    | meter |
| 4. <i>Loaded Draft</i> | : 8.4   | meter |

#### **3.3 Spesifikasi Dermaga**

1. Pembangunan dermaga baru dengan konstruksi beton *deck on pile*.

2. Panjang dermaga :  $LOA + 10 \text{ m} = 145 \text{ m} + 10 \text{ m} = 155 \text{ m}$  Dipakai panjang 156 m.
3. Lebar dermaga : Digunakan lebar 29 m
4. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang pipa baja (*Steel Pipe Pile*).
5. Direncanakan dapat melayani kapal dengan kapasitas muat 15000 DWT.
6. Kondisi pasang surut :
  - a. Kondisi pasang tertinggi (HWS) : +3.50 m
  - b. Kondisi surut terendah (LWS) : +0.00 m

### 3.4 Analisa Perencanaan Struktur

Analisa perencanaan struktur dermaga meliputi:

#### 1. Perencanaan Dimensi Struktur

Langkah awal dalam perencanaan struktur dermaga adalah merencanakan dimensi struktur. Perencanaan tersebut meliputi:

- a. Perencanaan dimensi apron
- b. Perencanaan tebal pelat dermaga
- c. Perencanaan dimensi balok memanjang
- d. Perencanaan dimensi balok melintang
- e. Perencanaan dimensi pile cap dan tiang pancang.

#### 2. Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban vertikal dan horizontal serta kombinasi keduanya.

- a. Beban Vertikal
  - Beban mati



- Beban hidup
- b. Beban Horizontal
  - Beban benturan kapal (berthing force)
  - Beban tambatan kapan (mooring force)
  - Beban gempa
- c. Kombinasi Pembebanan

### **3. Perencanaan Fender**

Fender merupakan bantalan yang berfungsi sebagai penyerap energi benturan antara kapal dan dermaga saat kapal merapat. Perencanaan fender meliputi:

- a. Perhitungan energi benturan kapal, yang didasarkan pada kapal terbesar yang merapat di dermaga.
- b. Perhitungan energi yang dapat diserap oleh dermaga.
- c. Pemilihan tipe dan ukuran fender.
- d. Penempatan fender.

### **4. Perencanaan Boulder**

Boulder atau alat penambat merupakan alat yang berfungsi mengikat kapal pada saat berlabuh agar tidak terjadi pergeseran atau gerakan pada kapal yang disebabkan oleh gelombang, arus dan angin.

- a. Perhitungan gaya yang diterima boulder.
- b. Perencanaan dimensi boulder

## **5. Analisa Struktur**

Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga yang direncanakan.

## **6. Kontrol Stabilitas dan Kekuatan**

Kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. Kontrol meliputi kontrol terhadap retak dan lendutan.

## **7. Penulangan**

Penulangan dilakukan pada struktur beton yang terdapat pada konstruksi dermaga seperti penulangan pelat, balok memanjang, balok melintang, balok anak, dan pile cap.

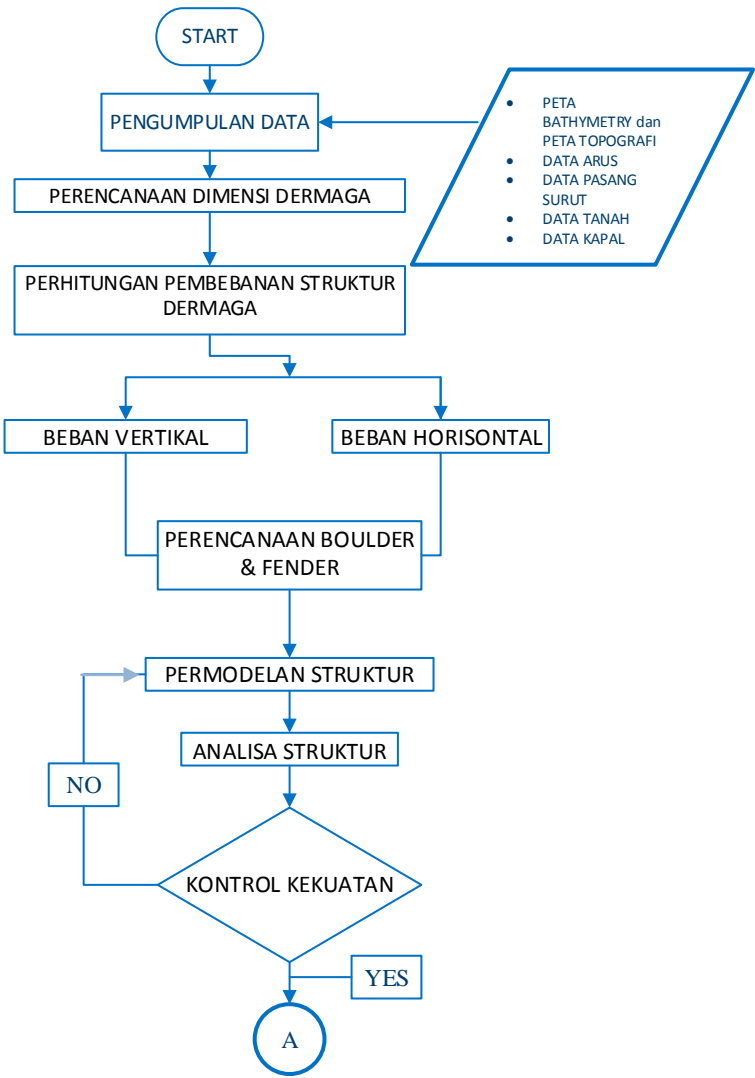
## **3.5 Penulisan Laporan**

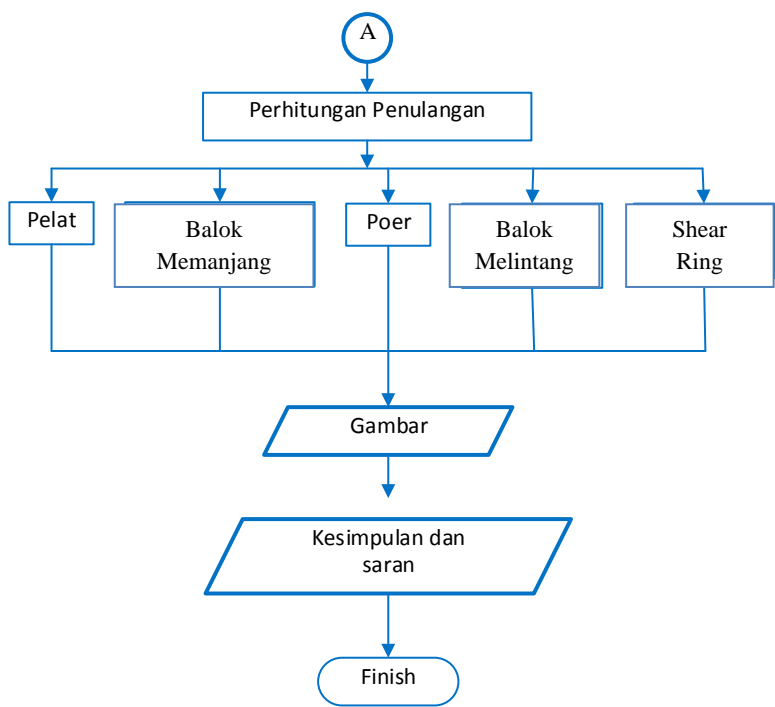
Tugas Akhir merupakan bentuk karya ilmiah, maka dalam pembuatannya diperlukan laporan yang penulisannya disusun secara sistematis dan terperinci.

## **3.6 Penggambaran Struktur**

Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur menggunakan program Autocad.

3.7. Bagan Metodologi





Gambar 3.1. Bagan Metodologi Perencanaan

## **BAB IV**

### **KRITERIA DESAIN**

#### **4.1. Peraturan Yang Digunakan**

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga digunakan beberapa peraturan sebagai berikut :

1. Standart Design Criteria for Port in Indonesia, 1984.
2. PBI 1971
3. SNI 03 - 2833 - 2013, Tata Cara Perencanaan Gempa untuk Jembatan.
4. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour facilities in Japan.

#### **4.2. Kriteria Kapal Rencana**

Dermaga ini direncanakan akan ditambahi oleh kapal dengan bobot maksimum 15000 DWT. Jenis kapal yang dimaksud adalah kapal tongkang dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Spesifikasi Kapal Rencana

Spesifikasi	Kapal 15000 DWT
Dead Weight Tonnage (DWT)	15000 ton
Length Overall (Loa)	145 m
Beam (B)	21 m
Loaded Draft (D)	8.4 m

Berdasarkan tabel 5.1. *Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984* (Hal. 10) mengenai kecepatan bertambat kapal, kapal dengan data di atas diperkirakan berlabuh dengan kecepatan 0.15 m/dtk, dengan asumsi kondisi berlabuh dalam keadaan standar (*moderate berthing velocity*).

### 4.3. Kualitas Material

#### 4.3.1. Mutu Beton

Mutu beton yang direncanakan memiliki kuat tekan karakteristik (K) sebesar K450. Berikut spesifikasi dari beton yang digunakan :

- Kuat tekan karakteristik K450 = 450 kg/cm<sup>2</sup>  
 $f'_c = 37.35 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas diambil berdasarkan PBI 1971 persamaan 11.1.1  
 $\sigma'_{bk} = 450 \text{ kg/cm}^2 \text{ (PBI Tabel 4.2.1)}$   
 $E_b = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{37.35} = 28723.884 \text{ MPa}$   
 $n = E_a/E_b = 200000 / 28723.884 = 6.96$   
 $\sigma_{b' \text{ ijin}} = 0.33 \sigma'_{bk} = 0.33 \times 450 = 148.5 \text{ kg/cm}^2$
- Tebal selimut beton (decking) untuk :  
 Pelat = 5 cm  
 Balok = 7,5 cm  
 Poer = 7,5 cm

#### 4.3.2. Mutu Baja Tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tulangan $\varnothing < 12 \text{ mm}$ ; U24	$f_y =$	240 MPa
	$E_a =$	210000 MPa
	$\sigma_a =$	140 MPa
Tulangan $D \geq 13 \text{ mm}$ ; U39	$f_y =$	390 MPa
	$E_a =$	210000 MPa
	$\sigma_a =$	225 MPa

#### 4.3.3. Tiang Pondasi

Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja (Steel Pipe Pile) dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tiang pancang baja JIS A 5525 :

Tabel 4.2. Spesifikasi Tiang Pancang

Spesifikasi	Jetty	Trestle
Kekuatan	BJ 37	BJ 37
Teg. Putus Min ( $f_u$ )	370 MPa	370 MPa
Teg. Leleh Min ( $f_y$ )	240 MPa	240 MPa
Young Modulus (E)	200000 MPa	200000 MPa
Modulus Geser (G)	80000 MPa	80000 MPa
Nisbah Poisson ( $\mu$ )	0.3	0.3
Koef. Pemuaian ( $\alpha$ )	$12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$	$12 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$

Ada beberapa alternatif tiang pancang yang dapat digunakan. Namun pada perencanaan kali ini digunakan tiang pancang pipa baja, tentunya dengan berbagai kelebihan dan kekurangan yang dimiliki. Berikut disajikan perbandingan kelebihan dan kekurangan tiang pancang beton dan pipa baja.

Spesifikasi	Tiang Pancang	
	Beton	Baja
Nilai N SPT maksimum yang dapat ditembus	< 50 blows	> 50 blows
Kedalaman pemancangan	Terbatas	Bebas
Berat tiang	Cukup ringan	Lebih ringan
Mobilisasi	Mudah	Mudah
Pelaksanaan	Relatif mudah	Relatif mudah
Pengangkatan tiang	Semakin panjang semakin sulit	Relatif mudah karna cukup ringan
Penyambungan	Relatif mudah dengan pengelasan	Lebih mudah dengan pengelasan
Harga tiang	Cukup murah	Mahal
Biaya transportasi	Cukup mahal karna dihitung berdasarkan berat	Lebih murah karna dihitung berdasarkan volume
Ketahanan korosi	Baik	Kurang baik



Biaya pemeliharaan	Cukup murah	Mahal karna perlu coating anti karat
Faktor kesalahan teknis	Ada, yaitu ujung tiang retak/pecah saat pemancangan	Hampir tidak ada karna elastisitas bahan cukup tinggi

#### **4.4. Penetapan Tata Letak dan Dimensi**

##### **4.4.1. Penetapan Tata Letak**

##### **1. Dermaga**

Berdasarkan *Standard design Criteria for Port in Indonesia, 1984*, penentuan awal dimensi dermaga dihitung dengan rumus  $Loa + 10\%Loa$  atau  $Loa + 10 \text{ m}$ . Sehingga diperoleh :

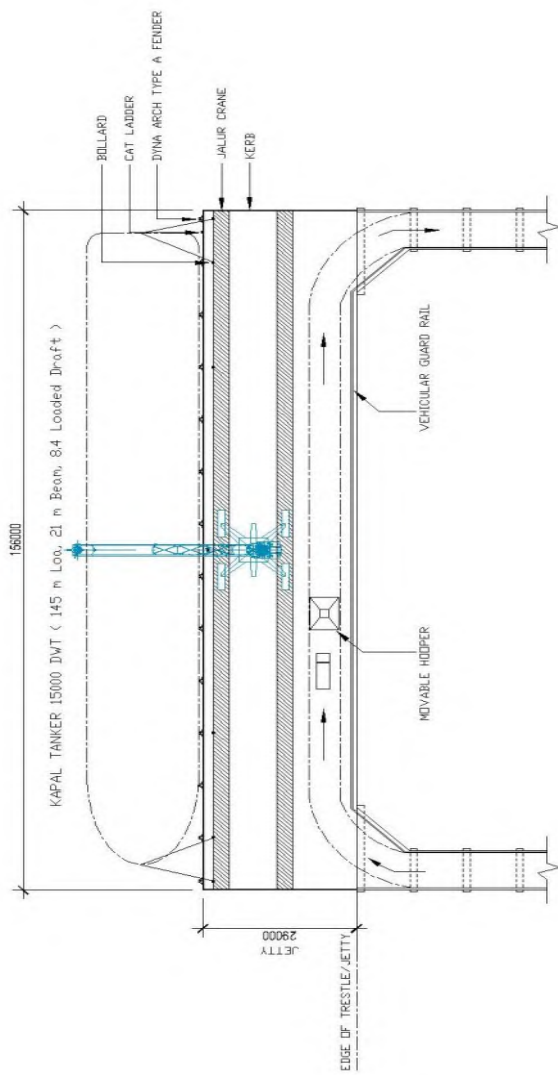
Panjang Dermaga =  $145\text{m} + 10\text{m} = 155\text{m}$

Dengan mempertimbangkan jarak antar gelagar maka digunakan panjang dermaga 156 m.

Demikian pula dengan lebarnya, lebar dermaga ditentukan dengan memperhitungkan jarak tepi, kebutuhan manuver peralatan atau kendaraan yang berada diatas dermaga serta lebar crane, maka direncanakan lebar dermaga 29 m.

##### **2. Trestle**

Direncanakan bentuk dan ukuran trestle sesuai dengan kebutuhan yang ada yaitu panjang 120 m dan lebar 9 m sebanyak 2 trestle.



Gambar 4.1. Layout Dermaga dan Trestle

### 3. Elevasi Apron Dermaga

Berdasarkan ketentuan pada tabel 2.1., penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih besar, pasang surut lebih dari 3 m adalah 0,5 – 1,5 m diatas HWS.

$$\begin{aligned}\text{Elevasi Apron} &= \text{HWS} + (0,5 - 1,5 \text{ m}) \\ &= +3.50 + 1.5\text{m} \\ &= +5.00 \text{ mLWS}\end{aligned}$$

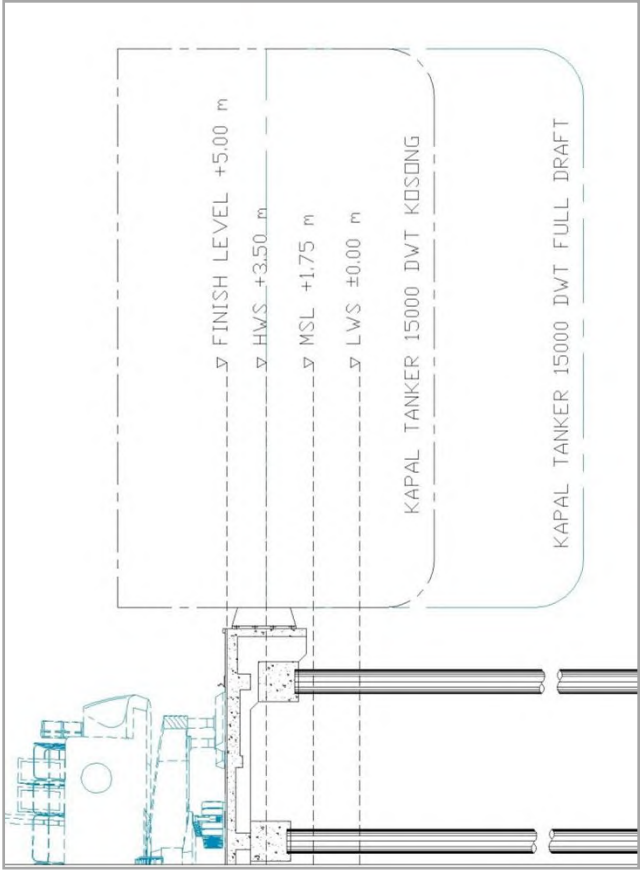
Sedangkan untuk kedalaman perairan rencana, sesuai dengan ketentuan pada subbab 2.1.2 adalah :

$$\begin{aligned}&= (1.05 \sim 1.15) \times \text{sarat maksimum} \\ &= (1.05 \sim 1.15) \times 8.4\text{m} \\ &= (8.82 \sim 9.66) \text{ m}\end{aligned}$$

Maka direncanakan kedalaman kolam perairan 10m.

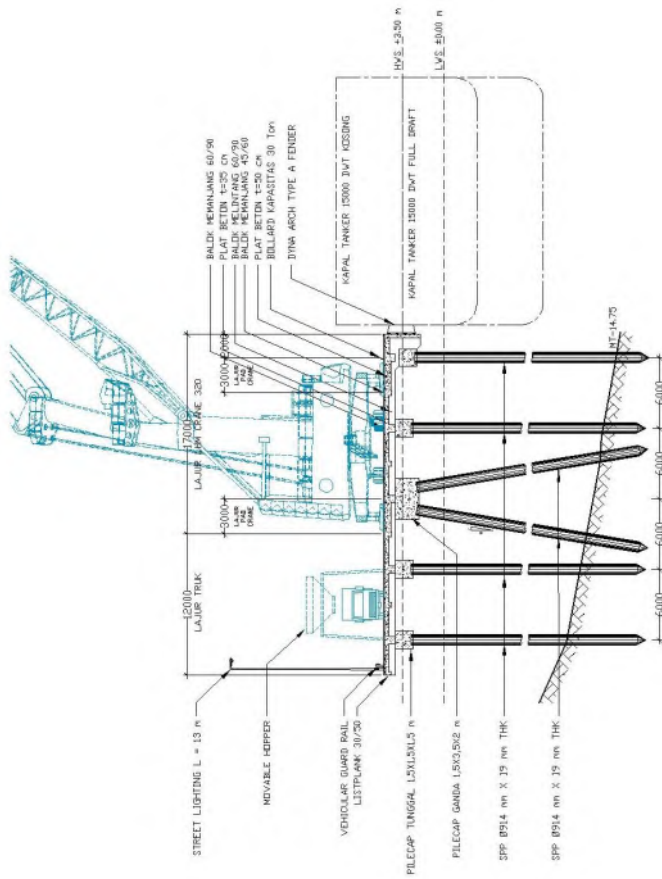
### 4. Elevasi Apron Trestle

Elevasi lantai trestle mengacu pada kondisi eksisting pelabuhan dan ditentukan oleh elevasi dermaga yaitu +5.00 mLWS.

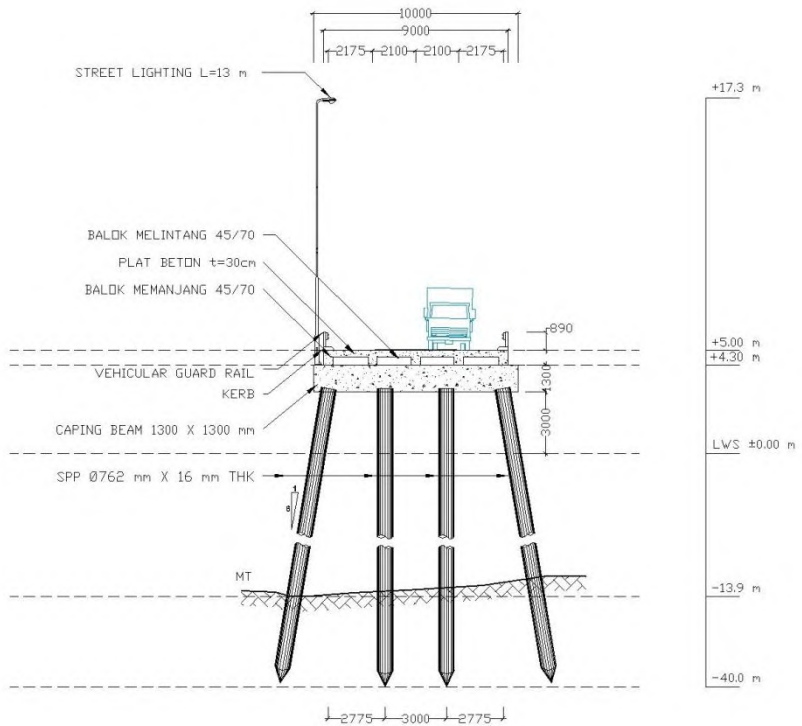


Gambar 4.2. Posisi Dermaga terhadap Kapal





Gambar 4.4. Tampak Sampling Dermaga



Gambar 4.5. Tampak Samping Trestle

#### 4.4.2. Penetapan Dimensi

##### 4.4.2.1. Tebal Plat Dermaga dan Trestle

###### 1. Tebal Plat Dermaga

Pelat lantai pada dermaga berdasarkan ketentuan pada persamaan 2-1 dan 2-2 harus mempunyai tebal minimum (D) yang memenuhi kedua ketentuan berikut:

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04L \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04(6000) \text{ mm}$$

$$D \geq 340 \text{ mm}$$

Dengan mempertimbangkan beban yang bekerja diatas plat (seperti crane), maka direncanakan tebal plat dermaga = 350 mm (dan 500 mm khusus pada plat yang menjadi pijakan *pad LHM Crane*).

###### 2. Tebal Plat Trestle

$$D \geq 200 \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04L \text{ mm}$$

$$D \geq 100 + 0,04(5000) \text{ mm}$$

$$D \geq 300 \text{ mm}$$

Direncanakan tebal plat trestle = 300 mm

##### 4.4.2.2. Dimensi Balok Dermaga dan Trestle

###### 1. Dimensi Balok Dermaga

Balok Memanjang (L= 6m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06(6000)$$



$$D \geq 525$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525) \geq 350 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/90 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/600 \leq 240 \times (600/900)$$

$$6000/600 \leq 240 \times (600/900)$$

$$10 \leq 160 \rightarrow \text{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000 / 600 = 10 \leq 60 \rightarrow \text{OK}$$

Balok Anak Memanjang (L= 6m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06(6000)$$

$$D \geq 525$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525) \geq 350 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 45/60 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/450 \leq 240 \times (450/600)$$

$$6000/450 \leq 240 \times (450/600)$$

$$13.3 \leq 180 \rightarrow \text{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000 / 450 = 13.3 \leq 60 \rightarrow \text{OK}$$

Balok Listplank (L= 6m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06(6000)$$

$$D \geq 525$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525) \geq 350 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 30/50 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/300 \leq 240 \times (300/500)$$

$$6000/300 \leq 240 \times (300/500)$$

$$20 \leq 144 \rightarrow \text{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000 / 300 = 20 \leq 60 \rightarrow \text{OK}$$

Balok Melintang (L= 3m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06(6000)$$

$$D \geq 525$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525) \geq 350 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 60/90 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/600 \leq 240 \times (600/900)$$

$$6000/600 \leq 240 \times (600/900)$$

$$10 \leq 160 \rightarrow \text{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000 / 600 = 10 \leq 60 \rightarrow \text{OK}$$

Balok Listplank (L= 6m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06(6000)$$

$$D \geq 525$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (525) \geq 350 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan balok 30/300 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$6000/300 \leq 240 \times (300/3000)$$

$$6000/300 \leq 240 \times (300/3000)$$

$$20 \leq 24 \rightarrow \text{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 6000 / 300 = 20 \leq 60 \rightarrow \text{OK}$$

Capping Beam (L= 10m)

$$D \geq 165 + 0.06L$$

$$D \geq 165 + 0.06(10000)$$

$$D \geq 765$$

$$B \geq 2/3D$$

$$B \geq 2/3 (765) \geq 510 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan CB 130/130 cm.

Kontrol Kelangsingan:

$$L/b_{ef} \leq 240 b_{ef}/D$$

$$10000/1300 \leq 240 \times (1300/1300)$$

$$10000/1300 \leq 240 \times (1300/1300)$$

$$7.7 \leq 240 \rightarrow \text{OK}$$

Atau,

$$L/b_{ef} = 10000 / 1300 = 7.7 \leq 60 \rightarrow \text{OK}$$

## 2. Dimensi Balok Trestle

Perencanaan balok pada trestle pada dasarnya sama dengan perencanaan balok dermaga. Yaitu:

Balok Memanjang = 450 x 700 mm

Balok Melintang = 450 x 700 mm

### 4.4.2.3. Tiang Pancang Baja

#### 1. Diameter Tiang Pancang

Data dimensi tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan dermaga dan trestle ialah sebagai berikut :

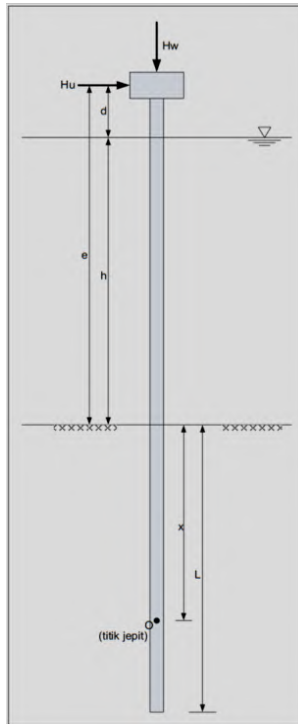
Tabel 4.3. Data Tiang Pancang Dermaga

Spesifikasi	Tiang Tegak	Tiang Miring
Diameter	914 mm	914 mm
Tebal	19 mm	19 mm
Luas Penampang	533.96 cm <sup>2</sup>	533.96 cm <sup>2</sup>
Berat	397.7 kg/m	397.7 kg/m
Momen Inersia	534882 cm <sup>4</sup>	534882 cm <sup>4</sup>

Tabel 4.4. Data Tiang Pancang Trestle

Spesifikasi	Tiang Trestle	Tiang Abutment
Diameter	762 mm	914 mm
Tebal	16 mm	19 mm
Luas Penampang	374.79 cm <sup>2</sup>	533.96 cm <sup>2</sup>
Berat	294.4 kg/m	397.7 kg/m
Momen Inersia	260841 cm <sup>4</sup>	534882 cm <sup>4</sup>

## 2. Panjang Penjepitan



Gambar 4.6. Sketsa kedalaman minimum tiang pancang

Perhitungan letak titik jepit tanah terhadap tiang pancang untuk tanah normally consolidated clay & granular soil adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5. Panjang Penjepitan Tiang Dermaga Ø 762 mm Tebal 16 mm

Parameter		Unit	
Diameter luar	D1	cm	76.2
Diameter dalam	D2	cm	73
Tebal	t	cm	1.6
Luas Penampang	A	cm <sup>2</sup>	374.79
Berat	W	kg/cm	2.944
Momen Inersia	I	cm <sup>4</sup>	260841.00
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm <sup>2</sup>	2100000
Jarak As pile cap ke LWS	d	m	3.55
Kedalaman Perairan	h	m	10
h + d	e	m	13.55
Panjang total tiang		m	40
Panjang tiang tertanam	L	m	27.1
N		blow/feet	7
kh = 0.15*N		kg/cm <sup>3</sup>	1.05
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{0.25})$	x	m	4.068
Pnjng titik jepit dr dasar	L - x	m	23.032
Tinggi Struktur		m	16.968

Tabel 4.6. Panjang Penjepitan Tiang Dermaga Ø 914 mm Tebal 19 mm

Parameter			Unit	
Diameter luar	D1	cm		91.4
Diameter dalam	D2	cm		87.6
Tebal	t	cm		1.9
Luas Penampang	A	cm <sup>2</sup>		533.96
Berat	W	kg/cm		3.977
Momen Inersia	I	cm <sup>4</sup>		534882
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm <sup>2</sup>		2100000
Jarak As pile cap ke LWS	d	m		3.35
Kedalaman Perairan	h	m		10
h + d	e	m		13.35
Panjang total tiang		m		52.5
Panjang tiang tertanam	L	m		39.9
N		blow/feet		7
kh = 0.15*N		kg/cm <sup>3</sup>		1.05
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{0.25})$	x	m		4.652
Pnjng titik jepit dr dasar	L - x	m		35.248
Tinggi Struktur		m		17.252

### 3. Kontrol Tekuk Tiang

Untuk memperhitungkan pengaruh tekuk baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanen, digunakan persamaan berikut :  
 $L / D \leq 60 - 70$

Tiang Ø 914 mm t 19 mm

$$\frac{L \text{ tekuk}}{D} \leq 60 - 70$$

$$\frac{21.602}{0.914} \leq 60$$

$$23.63 < 60 \quad \rightarrow \text{OK}$$

Tiang Ø 762 mm t 16 mm

$$\frac{L \text{ tekuk}}{D} \leq 60 - 70$$

$$\frac{21.142}{0.762} \leq 60$$

$$27.75 < 60 \quad \rightarrow \text{OK}$$

### 4. Pengaruh Korosi Tiang Pancang

Dalam pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi terhadap usia rencana dermaga ( $\pm 50$  tahun). Sesuai dengan *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (1980), *Tabel 2.11.hal 80* ketebalan tiang yang terkena air laut (laju korosi = 0,1 mm/th) bertambah :



$$\pm (0,1 \text{ mm/th} \times 50 \text{ th}) = \pm 5 \text{ mm}$$

Untuk mempertahankan ketebalan tiang dari pengaruh korosi, maka tiang diberikan perlindungan dengan menggunakan coating dan metode perlindungan katode, sehingga memperpanjang jangka waktu layan tiang. Adapun coating yang digunakan menggunakan coating dari Agatha Paint. Ketebalan coating yang digunakan menyesuaikan dengan jangka waktu layan yaitu 50 tahun, sehingga digunakan coating dengan ketebalan 500 micron (0,5 mm).

Sedangkan untuk perlindungan tambahan, maka tiang diberikan perlindungan terhadap korosi dengan metode lindungan katode, yaitu dengan mengalirkan arus listrik ke tiang sehingga mencegah reaksi kimia yang menyebabkan korosi pada tiang pancang.

#### 4.4.2.4. Dimensi Poer

Dimensi poer berdasarkan ukuran tiang pancang dan jumlah tiang terpasang disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 4.7. Dimensi Poer

Type	Dimensi	Jumlah Tiang	Ket
A	1500 x 1500 x 1500	1	T. Tegak
B	3500 x 1500 x 2000	2	T. Miring

## 4.5. Pembebanan

### 4.5.1. Beban Vertikal

#### 1. Beban Mati

Berat sendiri pelat, balok, dan poer akan dihitung sendiri secara otomatis di program SAP 2000 v14.2.2, jadi beban mati yang dimasukkan adalah beban mati tambahan, diantaranya :

$$\text{Berat aspal (t = 5 cm)} = 0.05 \times 2.5 = 0.125 \quad \text{t/m}^2$$

$$\text{Berat sendiri fender} = 0.895 \quad \text{t/m}$$

#### 2. Beban Hidup Merata

$$\begin{aligned} \text{a. UDL} &= 3 \quad \text{t/m}^2 \\ &(\text{Soedjono Kramadibrata, 2002 : 233}) \end{aligned}$$

$$\text{b. Beban hujan} = 0.05 \times 1 \text{ t/m}^3 = 0.05 \quad \text{t/m}^2$$

#### c. LHM CRANE 320

Beban akibat berat sendiri crane dalam keadaan kosong sebesar 345 ton akan dimodelkan sebagai beban merata pada setiap pad dan dikombinasi dengan momen akibat posisi boom atau lengan crane.

Berikut disajikan momen maksimum yang terjadi akibat boom.

Tabel 4.8. Momen Maksimum akibat Boom Crane

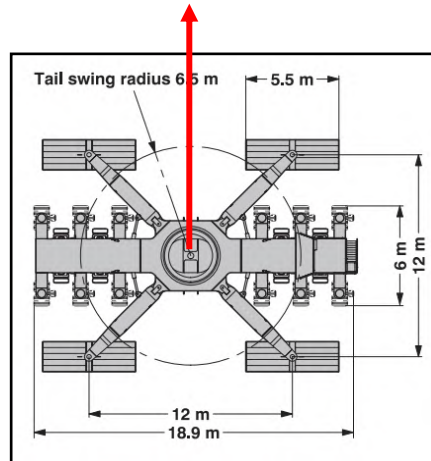
<b>Radius (m)</b>	<b>Hook Operation (ton)</b>	<b>Momen (ton.m) (ton.m)</b>
10.5	104	1092
17	104	1768
<b>18</b>	<b>102.7</b>	<b>1848.6</b>
20	88.1	1762
21	82.1	1724.1
22	76.8	1689.6
23	72	1656
24	67.8	1627.2
25	64	1600
26	60.5	1573
27	57.3	1547.1
28	54.4	1523.2
29	51.8	1502.2
30	49.3	1479
31	47.1	1460.1
32	45	1440
33	43	1419
34	41.2	1400.8
35	39.5	1382.5
36	37.9	1364.4
37	36.4	1346.8
38	35	1330
39	33.7	1314.3
40	32.4	1296
41	31.3	1283.3
42	30.1	1264.2
43	29.1	1251.3

Diperoleh momen maksimum sebesar 1848.6 ton.m akibat beban 102.7 ton dengan radius 18 m.

Untuk memperoleh beban maksimum akibat berat sendiri crane dan posisi boom, dilakukan perhitungan dalam 3 kondisi :

### Kondisi 1

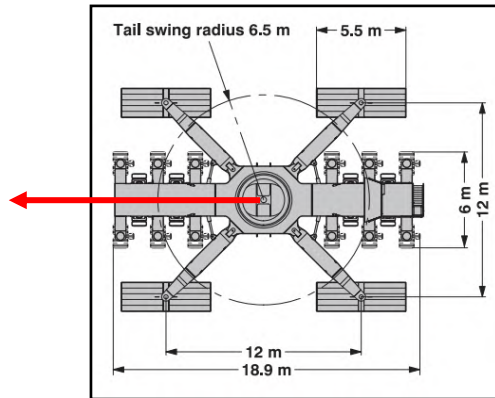
Boom tegak lurus sumbu memanjang crane. Kondisi ini terjadi pada saat crane mengambil batubara dari kapal (boom mengarah ke sisi laut).



Gambar 4.7. Konfigurasi roda dan pad pada LHM Crane serta Arah Boom Kondisi I

### Kondisi II

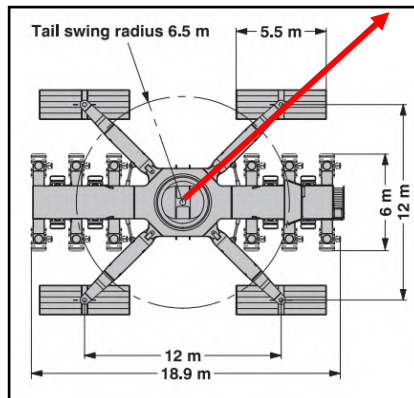
Boom sejajar sumbu memanjang crane. Kondisi ini terjadi pada saat crane melepaskan batubara dari *hook*.



Gambar 4.8. Konfigurasi roda dan pad pada LHM Crane serta Arah Boom Kondisi II

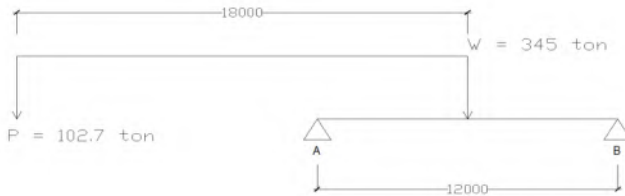
### Kondisi III

Boom arah diagonal sumbu memanjang crane. Kondisi ini terjadi pada saat crane melakukan *swing*.



Gambar 4.9. Konfigurasi roda dan pad serta Arah Boom Kondisi III

### Perhitungan Tekanan Outrigger Crane : Kondisi I dan II



$$\sum M_A = 0$$

$$-B_v \cdot 12 + W \cdot \frac{12}{2} - P \cdot \left( r - \frac{12}{2} \right) = 0$$

$$B_v = \frac{345 \times 6 - 102.7 \times (18 - 6)}{12}$$

$$B_v = 69.8 \text{ ton}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5.  
x 1.8 m) :

$$= 69.8 \text{ ton} / 2 = 34.9 \text{ ton}$$

$$= 34.9 \text{ ton} / (5.5 \times 1.8)$$

$$= \mathbf{3.53 \text{ ton/m}^2} \quad (\text{sisi darat})$$

$$\sum M_B = 0$$

$$A_v \cdot 12 - W \cdot \frac{12}{2} - P \cdot \left( r + \frac{12}{2} \right) = 0$$

$$A_v = \frac{345 \times 6 + 102.7 \times (18 + 6)}{12}$$

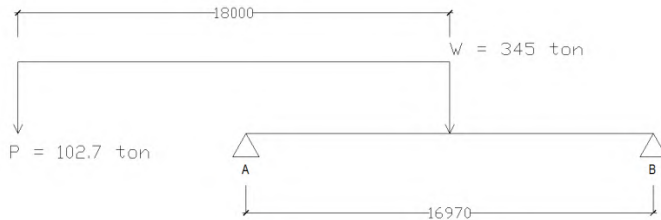
$$A_v = 377.9 \text{ ton}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5.  
x 1.8 m) :

$$= 377.9 \text{ ton} / 2 = 188.95 \text{ ton}$$

$$= 188.95 \text{ ton} / (5.5 \times 1.8)$$

$$= \mathbf{19.09 \text{ ton/m}^2} \quad (\text{sisi laut})$$

**Kondisi III**

$$\sum M_A = 0$$

$$-B_v \times 16.97 + W \times \frac{16.97}{2} - P \times \left( r - \frac{16.97}{2} \right) = 0$$

$$B_v = \frac{345 \times 8.49 - 102.7 \times (18 - 8.49)}{16.97}$$

$$B_v = 114.917 \text{ ton}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5.  
x 1.8 m) :

$$= 114.917 \text{ ton} / 2 = 57.46 \text{ ton}$$

$$= 57.46 \text{ ton} / (5.5 \times 1.8)$$

$$= \mathbf{5.8 \text{ ton/m}^2} \quad (\text{sisi darat})$$

$$\sum M_B = 0$$

$$A_v \times 16.97 - W \times \frac{16.97}{2} - P \times \left( r + \frac{16.97}{2} \right) = 0$$

$$A_v = \frac{345 \times 8.485 + 102.7 \times (18 + 8.485)}{16.97}$$

$$A_v = 332.78 \text{ ton}$$

Beban merata di atas pad (Dimensi pad crane 5.5.  
x 1.8 m) :

$$= 332.78 \text{ ton} / 2 = 166.39 \text{ ton}$$

$$= 166.39 \text{ ton} / (5.5 \times 1.8)$$

$$= \mathbf{16.8 \text{ ton/m}^2} \quad (\text{sisi laut})$$

### 3. Beban Terpusat

Merupakan beban titik yang bekerja di dermaga akibat tekanan dari peralatan bongkar muat yang digunakan. Peralatan yang digunakan dan pembebanannya adalah sebagai berikut :

#### a. Dump Truck

Untuk mengangkut batubara dari dermaga ke lapangan penumpukan digunakan truk container dengan kapasitas beban mencapai 50 ton (5, 22.5, 22.5 ton)

### 4. Hopper

Hopper dengan kapasitas beban mencapai 50 ton.



Gambar 4.10. Movable Hopper



#### 4.5.2. Beban Horizontal

##### 1. Beban Tumbukan Kapal

Kapal merapat dengan sudut,  $\theta = 10^\circ$

(Triadmodjo, Hal 217)

Kecepatan bertambat kapal,  $v = 0.15$  m/s

(Tabel 5.1. Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984)

Energi tumbukan dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_f = ( W \cdot v^2 / 2g ) \cdot C_m \cdot C_E \cdot C_C \cdot C_S$$

Dimana :

Bobot Kapal maksimum = 15000 DWT

$W = 19600$  ton

$Loa = 145$  m

$B = 21$  m (lebar kapal)

$d = 8.4$  m (draft kapal)

$\rho = 1.025$  t/m<sup>3</sup> (massa jenis air laut)

$L_{pp} = 0.852 \times Lo^{1.0201} = 136.54$  m

$C_b =$  koefisien blok kapal  
 $= W / (L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \rho) = 0.794$

$C_m =$  koefisien massa  
 $= 1 + (\pi \cdot d) / (2 \cdot C_b \cdot B) = 1.769$

$l = 1/4 Lo = 36.25$  m

$r =$  diambil  $0.25Lo = 36.25$  m

$C_E =$  koefisien eksentrisitas  
 $= 1 / ( 1 + (l/r)^2 ) = 0.5$

$C_C =$  koefisien bentuk = 1 (untuk jetty)

$C_S =$  koefisien kekerasan  
 $= 1$  (untuk kapal baja)

Sehingga,

$$\begin{aligned} E_f &= (20151.44 \times 0.15^2 / (2 \times 9.81)) \times 1.769 \times \\ &\quad 0.5 \times 1 \times 1 = \mathbf{20.128 \text{ tm}} \\ &= \mathbf{201.28 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

### **Pemilihan Jenis Fender**

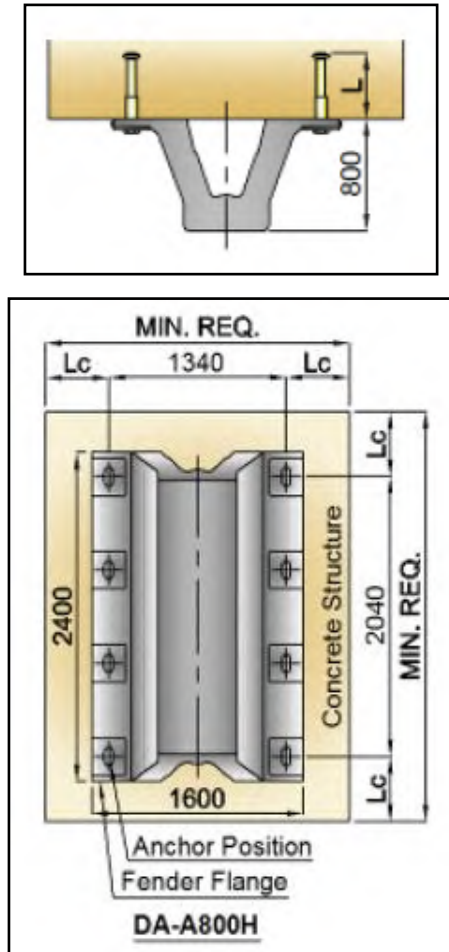
Dengan  $E_f$  maks = **20.128 tm**,  
maka perencanaan fender dipilih dengan  
menggunakan Dyna Arch Fender Type A (DA-A800H  
M1), dimana :

$$\begin{aligned} \text{Energi Fender (E)} &= 22 \text{ tm} \\ E > E_f \text{ maks} &= 20.444 \text{ tm } \mathbf{OK!} \\ \text{Reaksi} &= 65.3 \text{ ton} \end{aligned}$$

(reaksi = gaya horizontal yang diteruskan ke struktur)

$$\begin{aligned} \text{Berat Fender} &= 0.895 \text{ ton/m} \\ \text{Panjang Fender} &= 2.04 \text{ m} \\ \text{Defleksi} &= 52.5 \% \end{aligned}$$

Reaksi akibat gesekan fender ketika ditabrak kapal  
yang akan merapat berkisar 10% dari reaksi yang  
diteruskan fender ke struktur.



Gambar 4.11. Tampak Depan Dyna Arch Fender  
Type A

## Pemasangan Fender

Jarak pemasangan fender ditinjau dari arah vertical dan horizontal. Berikut ini adalah perhitungan jarak fender.

### 1. Arah Vertikal

Pemasangan fender pada arah ini berdasarkan pada ukuran kapal rencana yang akan bersandar pada dermaga, fluktuasi air laut, dan elevasi dermaga.

### 2. Arah Horizontal

Syarat penentuan jarak pemasangan fender arah horizontal (L) ialah berdasarkan kedalaman perairan dan radius “bow” dari kapal, dan dipastikan tidak ada badan kapal yang menyentuh dermaga.

Jarak horizontal maksimum antara fender juga ditentukan berdasarkan rumus berikut:

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Dimana:

r = radius tekukan dari buritan kapal  
 $= 0.25 \times \text{Loa} = 0.25 \times 145 = 36.25 \text{ m}$

h = tinggi efektif fender  
 $= 0.8 \text{ m}$

Maka, jarak maksimum antar fender adalah:

$$L = 2 \sqrt{36.25^2 - (36.25 - 0.8)^2} = 15.15 \text{ m}$$

Digunakan jarak antar fender sebesar 12 m.

### Elevasi Bidang Sentuh Kapal terhadap Fender

Tinggi kapal (D) = 11.9 m

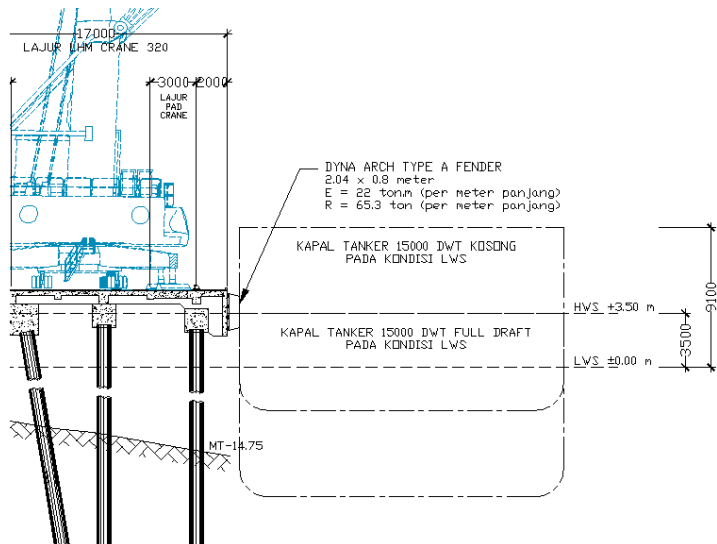
Draft (d) = 8.4 m

Tinggi Dek Kapal :

- Kondisi kapal penuh  
 $(D - d) = 3.5 \text{ m}$
- Kondisi kapal kosong  
 $(D - 1/3d) = 9.1 \text{ m}$

Kondisi I :

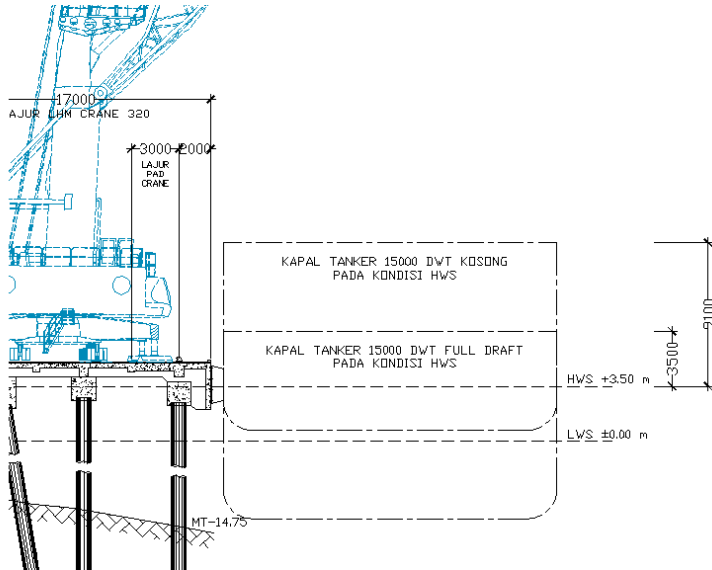
Kondisi kapal penuh dan kosong pada saat elevasi air terendah (LWS)



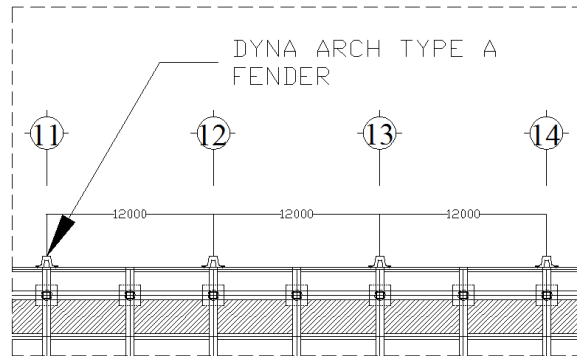
Gambar 4.12. Posisi Kapal saat LWS

Kondisi II :

Kondisi kapal penuh dan kosong pada saat elevasi air tertinggi (HWS)



Gambar 4.13. Posisi Kapal saat HWS



Gambar 4.14. Pemasangan Fender Arah horizontal

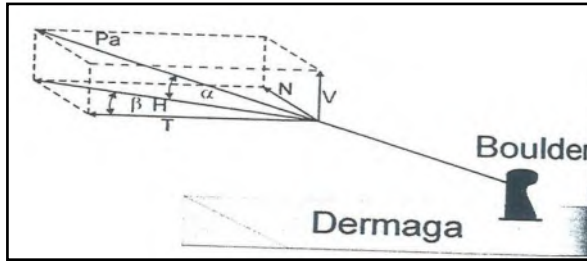
## 2. Beban Tarikan Kapal

Beban tarikan kapal disebabkan oleh gaya tarik kapal karna bobot kapal atau karna angin dan arus. Gaya yang terbesar akan diambil sebagai gaya horizontal dermaga dan juga digunakan dalam perencanaan boulder.

### • Gaya Tarikan Kapal

Kapal terbesar yang direncanakan merapat pada dermaga Dumai ini adalah 15000 DWT. Berdasarkan Standart Design Criteria for Port in Japan 1991, boulder yang harus disediakan agar mampu melayani kapal tersebut adalah bollard dengan kekuatan 30 ton.

Agar diperoleh gaya-gaya dalam kondisi kritis, maka diambil sudut yang terjadi untuk  $\alpha$  dan  $\beta$  sebesar  $45^\circ$ . Besarnya komponen-komponen gaya adalah sebagai berikut :



Gambar 4.15. Gaya yang Bekerja pada Boulder

$$\begin{aligned}
 V &= Pa \sin \alpha &= 30 \sin 45^\circ &= 21.21 \text{ ton} \\
 H &= Pa \cos \alpha &= 30 \cos 45^\circ &= 21.21 \text{ ton} \\
 T &= H \cos \beta &= 21.21 \cos 45^\circ &= 15 \text{ ton} \\
 N &= H \sin \beta &= 21.21 \sin 45^\circ &= 15 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

V : Nilai V digunakan untuk menghitung agar boulder tidak sampai tercabut.

T : Nilai T digunakan untuk menghitung besarnya momen yang bekerja.

N : Nilai N digunakan untuk menghitung besarnya tarikan pada boulder.

H : Nilai H digunakan untuk menghitung besarnya tarikan pada boulder.

Dari komponen-komponen gaya tersebut, dipilih nilai  $H = 21.21 \text{ ton}$  untuk perencanaan boulder. Gaya tersebut harus dibandingkan dengan gaya tarik kapal akibat tekanan arus dan angin, kemudian dipilih yang terbesar untuk perencanaan



boulder. Berikut ini perhitungan gaya tarikan kapal akibat arus dan angin.

- **Gaya Tarik Akibat Arus**

Dalam menghitung tekanan arus digunakan persamaan berikut :

$$P_c = C_c \cdot \gamma_c \cdot A_c \cdot V_c^2 / 2g$$

Dimana :

$P_c$  = tekanan arus pada kapal yang bertambat (ton)

$\gamma_c$  = berat jenis air laut = 1.025 t/m<sup>3</sup>

$A_c$  = luas kapal di bawah muka air (m<sup>2</sup>)

Dihitung pada dua kondisi, kapal penuh dan kapal kosong.

$V_c$  = kecepatan arus = 0.65 m/s  
(Sumber : *Report On Design Jetty Pt. Oleochemical Sejahtera Mas Lubuk Gaung, Dumai-Indonesia, Oct 19th, 2012*)

$C_c$  = koefisien arus = 1.5 →  
Kedalaman air/draft kapal = 23/8.4 > 2,  
(Triadmodjo, Hal 223)

$g$  = 9.81 m/s<sup>2</sup>

**Kondisi Kapal Penuh**

$D$  = Tinggi kapal – Draft = 11.9 – 8.4 = 3.5

$A_c$  = Loa x D = 145 x 3.5 = 507.5 m<sup>2</sup>

$P_c$  = 1.5 x 1.025 t/m<sup>3</sup> x 507.5 m<sup>2</sup> x 0.65 m/s /  
(2 x 9.81 m/s<sup>2</sup>)  
= **16.80 ton**

**Kondisi Kapal Kosong**

D = Tinggi kapal – 1/3Draft

$$= 11.9 - 1/3 \times 8.4 = 9.1$$

Ac = Loa x D = 145 x 9.1 = 1319.5 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} \text{Pc} &= 1.5 \times 1.025 \text{ t/m}^3 \times 1319.5 \text{ m}^2 \times 0.65 \text{ m/s} / \\ &\quad (2 \times 9.81 \text{ m/s}^2) \\ &= \mathbf{43.69 \text{ ton}} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh gaya tarik terbesar akibat arus adalah : 43.69 ton. Gaya tersebut disebabkan oleh arus dengan arah sejajar sumbu memanjang kapal, maka gaya tersebut akan ditahan oleh 2 boulder, sehingga gaya akibat arus adalah **21.84 ton**.

- **Gaya Tarik Akibat Angin**

Dalam menghitung tekanan angin digunakan persamaan berikut :

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_w \cdot V_w^2 (A_w \cos^2 \theta + B_w \sin^2 \theta)$$

(Standart Design Criteria for Port in Indonesia 1984, Hal 11)

Dimana :

P<sub>w</sub> = tekanan angin pada kapal yang bertambat

C<sub>w</sub> = koef. tekanan angin = 1.135

(tegak lurus sumbu memanjang kapal)

A<sub>w</sub> = luasan proyeksi arah memanjang di atas air  
(m<sup>2</sup>)

B<sub>w</sub> = luasan arah muka kapal di atas air (m<sup>2</sup>)

θ = sudut arah datang angin terhadap sumbu  
memanjang kapal = 90°

$$V_w = 33 \text{ m/s (pada kondisi ekstrim)}$$

$$\rho_w = \text{air density} = 0.123 \text{ kg.sec}^2/\text{m}^4$$

### Kondisi Kapal Penuh

$$A_w = (H - D) \times B = (11.9 - 8.4) \times 21 = 73.5 \text{ m}^2$$

$$B_w = (H - D) \times L_oa = (11.9 - 8.4) \times 145 = 507.5 \text{ m}^2$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 0.123 \times 1.135 \times 33^2 \times$$

$$(\ 73.5 \cos^2 90^\circ + 507.5 \sin^2 90^\circ)$$

$$= \mathbf{38.58 \text{ ton}}$$

### Kondisi Kapal Kosong

$$A_w = (H - 1/3D) \times B = (11.9 - 2.8) \times 21 = 191.1 \text{ m}^2$$

$$B_w = (H - 1/3D) \times L_oa$$

$$= (11.9 - 2.8) \times 145 = 1319.5 \text{ m}^2$$

$$P_w = \frac{1}{2} \times 0.123 \times 1.135 \times 33^2 \times$$

$$(\ 191.1 \cos^2 90^\circ + 1319.5 \sin^2 90^\circ)$$

$$= \mathbf{100.30 \text{ ton}}$$

Sehingga diperoleh gaya tarik terbesar akibat angin adalah : 100.3 ton. Gaya tersebut disebabkan oleh angin dengan arah tegak lurus sumbu memanjang kapal, maka gaya tersebut akan ditahan oleh 4 boulder, sehingga gaya akibat angin adalah **25.08 ton**.

Kapal	Gaya Boulder	Gaya Arus	Gaya Angin
15000 DWT	21.21 ton	21.84 ton	25.08 ton

Kesimpulan :

Gaya terbesar yang terjadi adalah akibat angin.  
Maka tarik boulder yang digunakan : 25.08 ton.

### **Perencanaan Boulder**

Spesifikasi boulder :

Untuk perencanaan pelat dengan baja mutu BJ50 dan baut BJ52, dengan masing-masing spesifikasi sebagai berikut :

- Tebal pelat boulder = 5 cm
- Ø baut = 2.5 cm

Berdasarkan tabel 1 PPBBI, didapat bahwa Tegangan dasar ( $\sigma_d$ ) baja BJ52 = 2400 kg/cm<sup>2</sup>. Sehingga tegangan ijin pada sambungan baut yang disyaratkan menurut pasal 8.2.1 PPBBI adalah sebagai berikut :

Tegangan geser ijin,

$$\tau = 0.6 \sigma_d = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2.$$

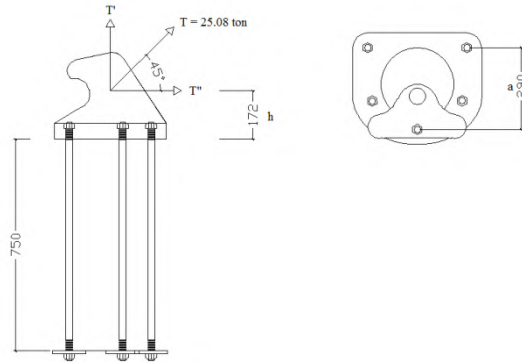
Tegangan tarik ijin,

$$\sigma_{ta} = 0.7 \sigma_d = 0.7 \times 2400 = 1680 \text{ kg/cm}^2.$$

Tegangan tumpu ijin,

$$\sigma_{tu} = 1.5 \sigma_d = 1.5 \times 2400 = 3600 \text{ kg/cm}^2.$$

## Kontrol Kekuatan Baut



Gaya tarik terbesar yang terjadi ( $T$ ) adalah sebesar 25.08 ton. Sehingga:

$$\begin{aligned} T' &= T \sin 45^\circ \\ &= 25.08 \times \sin 45^\circ \\ &= 17.73 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T'' &= T \cos 45^\circ \\ &= 25.08 \times \cos 45^\circ \\ &= 17.73 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Baut akibat Gaya Horizontal :

$$R_H = T'' / 5 = 17.73 / 5 = 3.546 \text{ ton}$$

Gaya  $T''$  akan menyebabkan terjadinya momen sebesar:

$$\begin{aligned} M &= T'' \times h = 3.546 \times 0.172 \text{ m} \\ &= 0.6099 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Baut akibat Gaya Vertikal :

Gaya  $T'$  akan ditahan oleh 5 buah baut, sehingga;

$$R_{t1} = T' / 5 = 17.73 / 5 = 3.546 \text{ ton}$$

$$R_{t2} = \frac{M}{2a} = \frac{0.6099}{2 \times 0.290} = 1.052 \text{ ton}$$

Sehingga;

$$R_v = R_{t1} + R_{t2} = 4.598 \text{ ton}$$

$$\sigma_v = \frac{R_v}{A} = \frac{4.598 \times 10^3}{\frac{1}{4}\pi \times 2.5^2} = \frac{4.598 \times 10^3}{4.906} = 937.219 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_v = 937.219 < \sigma_{ijin} = 1680 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{R_H}{A} = \frac{3.546 \times 10^3}{\frac{1}{4}\pi \times 2.5^2} = \frac{3.546 \times 10^3}{4.906} = 722.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 722.79 < \tau_{ijin} = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_v^2 + 3\tau^2} = \sqrt{937.219^2 + 3(722.79)^2} = 1563.86 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \sigma_{ijin} = 1680 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

Penjangkaran boulder:

$$\text{Panjang angker, } L_{dh} = 75 \text{ cm}$$

$$\text{Dia angker, } d_{angk} = 2.5 \text{ cm}$$

$$\text{Mutu beton, } \sigma'_{bk} = 30 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Mutu baja BJ52, } \sigma_i &= 360 - (10\% \times 360) \text{ MPa} \\ &= 324 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Tegangan ijin beton K300 berdasarkan tabel 10.4.2.PBI 1971 :

$$\sigma'_{b \text{ ijin}} = 0.48 \sqrt{\sigma'_{bk}} = 0.48 \sqrt{300} = 8.3138 \text{ kg/cm}^2$$

Kekuatan tarik 1 baut adalah :

$$\begin{aligned} T &= \text{Keliling baut} \times L_{dh} \times \sigma'_b \\ &= \pi (2.5) \times 75 \times 8.3138 \\ &= 4894.75 \text{ kg} > R \text{ terjadi } \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

### 3. Beban Gempa

Beban gempa yang bekerja pada struktur dermaga dihitung secara dinamis dengan menggunakan respon spektrum menurut SNI 2833-2013.

#### - Kelas Situs

Klasifikasi situs ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Berikut disajikan data tanah proyek pembangunan dermaga Lubukgaung.

Tabel 4.9. Data Tanah

Depth (m)	Thk (m)	NSPT	N Th / NSPT	$\sum N$	$N = \frac{30}{\sum N}$
0	0	0	0	3.069	9.77
1.5	1.5	7	0.2143		
3	1.5	7	0.2143		
4.5	1.5	6	0.2500		
6	1.5	8	0.1875		
7.5	1.5	8	0.1875		
9	1.5	10	0.1500		
10.5	1.5	11	0.1364		
12	1.5	6	0.2500		
13.5	1.5	7	0.2143		
15	1.5	8	0.1875		
16.5	1.5	9	0.1667		
18	1.5	10	0.1500		
19.5	1.5	10	0.1500		
21	1.5	13	0.1154		
22.5	1.5	15	0.1000		
24	1.5	21	0.0714		
25.5	1.5	18	0.0833		
27	1.5	19	0.0789		
28.5	1.5	18	0.0833		
30	1.5	19	0.0789		

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai N SPT rata-rata  $< 10$ , maka tanah termasuk ke dalam kelas situs **Tanah Lunak** (Tabel 2 SNI 2833-2013).

- **Faktor Situs dan Parameter Gempa Lainnya**

- a. **PGA** (Percepatan puncak batuan dasar) : 0.05  
(Gambar 2.7)
- b. **S<sub>s</sub>** (Parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode pendek  $T = 0.2$  detik) : 0.1  
(Gambar 2.8)
- c. **S<sub>1</sub>** (Parameter respon spectra percepatan gempa untuk periode 1 detik) : 0.1  
(Gambar 2.9)
- d. **F<sub>a</sub>** (Faktor amplikasi periode pendek) : 2.5  
(Tabel 3 SNI 2833-2013)
- e. **F<sub>PGA</sub>** (Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik) : 2.5  
(Tabel 3 SNI 2833-2013)
- f. **F<sub>v</sub>** (Faktor amplikasi untuk periode 1 detik) : 3.5  
(Tabel 4 SNI 2833-2013)
- g. **S<sub>DS</sub>** (Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 0.2 detik) :  

$$S_{DS} = F_a \times S_s = 2.5 \times 0.1 = 0.25$$
- h. **S<sub>D1</sub>** (Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek 1 detik) :  

$$S_{D1} = F_v \times S_1 = 3.5 \times 0.1 = 0.35$$
- i. **As** =  $F_{PGA} \times PGA = 2.5 \times 0.05 = 0.125$



- j. **I** (*Importance Factor*) : 1 (Standard design criteria for port in Indonesia 1984, Tabel 5.5)
- k. **R** (Faktor modifikasi respon) : 1 (pasal 5.9.3.2. SNI 2833-2013)
- l. Scale Factor :  $I/R \times g = 1/1 \times 9.8 = 9.8$
- m. Zona Gempa : 3 ;  $S_{D1} = 0.35$

Tabel 4.10. Zona Gempa

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

- **Koefisien Respons Gempa Elastik**

$$T_s = S_{D1} / S_{DS} = 0.35 / 0.25 = 1.4$$

$$T_0 = 0.2 \times T_s = 0.2 \times 1.4 = 0.28$$

Untuk  $T < T_0$ , spectrum respon percepatan desain :

$$C_{SM} = (S_{DS} - A_S) T/T_0 + A_S = 0.125$$

Untuk  $T \geq T_0$  dan  $< T_s$ , spectrum respon percepatan

$$\text{desain : } C_{SM} = S_{DS} = 0.25$$

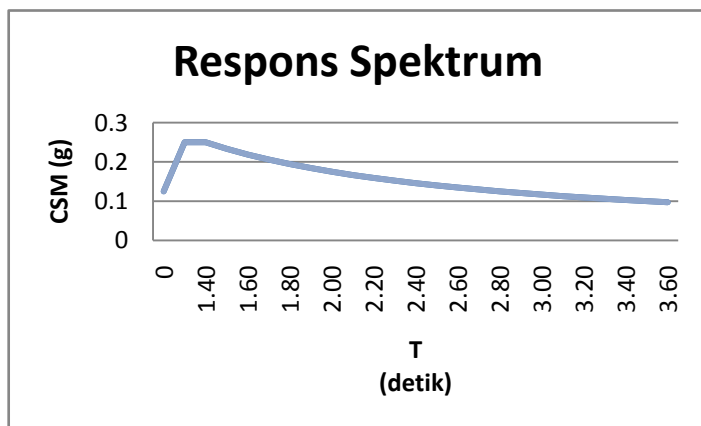
Untuk  $T > T_s$ , spectrum respon percepatan desain :

$$C_{SM} = S_{D1} / T$$

Berikut disajikan tabel respon spektrum untuk gempa wilayah 3 dengan type tanah lunak :

Tabel 4.11. Respon Spektrum Wilayah Gempa 3

T	T (detik)	CSM (g)
0	0	0.125
$T_0$	0.28	0.25
$T_s$	1.40	0.25
$T_s+0.1$	1.50	0.233
$T_s+0.1$	1.60	0.219
$T_s+0.1$	1.70	0.206
$T_s+0.1$	1.80	0.194
$T_s+0.1$	1.90	0.184
$T_s+0.1$	2.00	0.175
$T_s+0.1$	2.10	0.167
$T_s+0.1$	2.20	0.159
$T_s+0.1$	2.30	0.152
$T_s+0.1$	2.40	0.146
$T_s+0.1$	2.50	0.140
$T_s+0.1$	2.60	0.135
$T_s+0.1$	2.70	0.130
$T_s+0.1$	2.80	0.125
$T_s+0.1$	2.90	0.121
$T_s+0.1$	3.00	0.117
$T_s+0.1$	3.10	0.113
$T_s+0.1$	3.20	0.109
$T_s+0.1$	3.30	0.106
$T_s+0.1$	3.40	0.103
$T_s+0.1$	3.50	0.100
$T_s+0.1$	3.60	0.097



Gambar 4.16. Grafik Respons Spektrum



## **BAB V**

### **ANALISA STRUKTUR**

#### **5.1. Analisa Struktur**

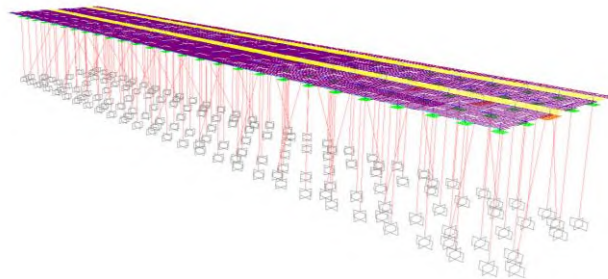
Analisa struktur yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi analisa plat lantai, balok, poer dan tiang baik pada struktur dermaga maupun trestle.

##### **5.1.1. Model Struktur Dermaga dan Trestle**

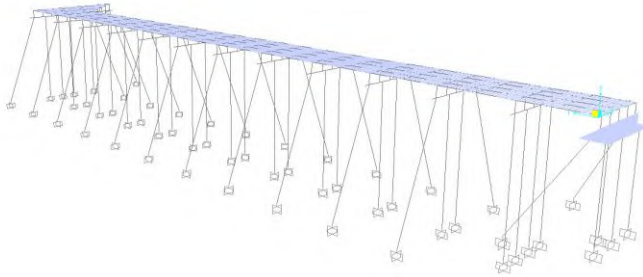
Struktur dermaga dan trestle dianalisa menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja.

Beban yang bekerja pada konstruksi dermaga dan trestle meliputi beban aspal, berat sendiri fender, UDL, beban hujan, LHM Crane, beban truk, beban hopper, beban tumbukan kapal, beban tarikan kapal, dan beban gempa.

Berikut ini disajikan model struktur dermaga dan trestle yang dianalisa menggunakan program SAP 2000.



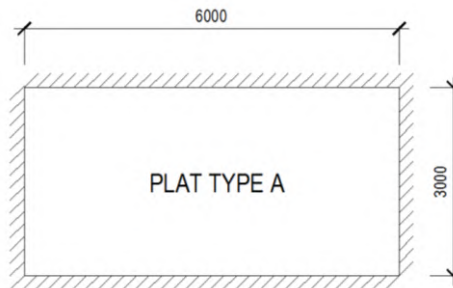
Gambar 5.1. Model Struktur Dermaga



## 5.2. Model Struktur Trestle

### 5.1.2. Model Struktur Plat

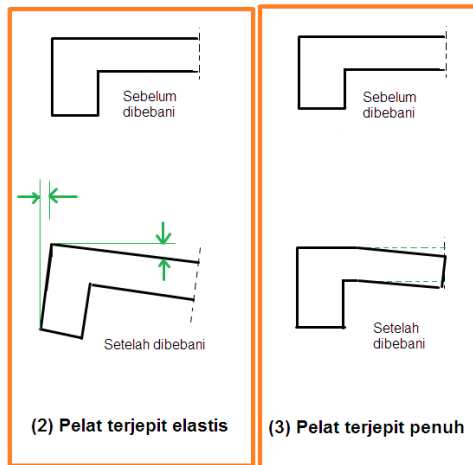
Analisis struktur plat menggunakan program SAP 2000 dan dimodelkan sebagai shell untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada plat.



Gambar 5.3. Type Plat Dermaga

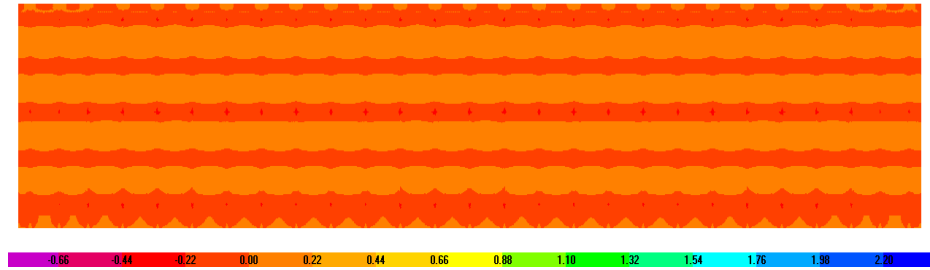
Dalam perhitungan momen plat dermaga, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit penuh dengan balok pada keempat sisinya. Dikatakan jepit

penyempitan bila tumpuan mampu mencegah plat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir. Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat dikatakan terjepit sebagian atau jepit elastis. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

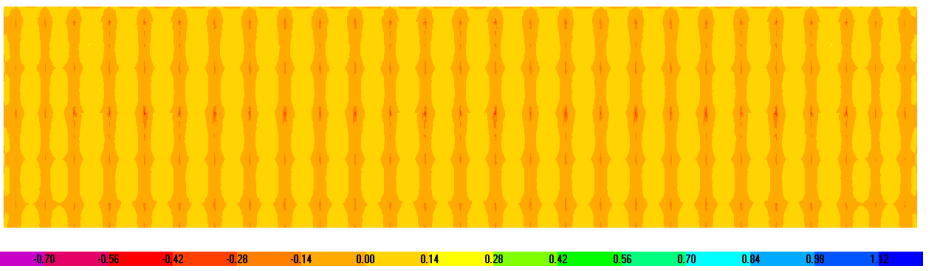


Gambar 5.4. Tipe Tumpuan Plat Tepi

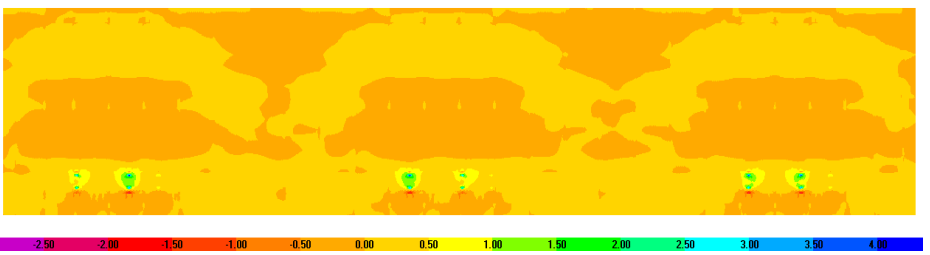
Dalam analisa struktur plat, beban yang bekerja ialah beban mati merata, beban hidup, beban LHM Crane, dan beban truk dengan perlakuan beban-beban yang bekerja pada plat dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini. Sedangkan output dari analisa struktur plat dengan program SAP 2000 disajikan dalam bentuk gambar kontur momen plat berikut ini.



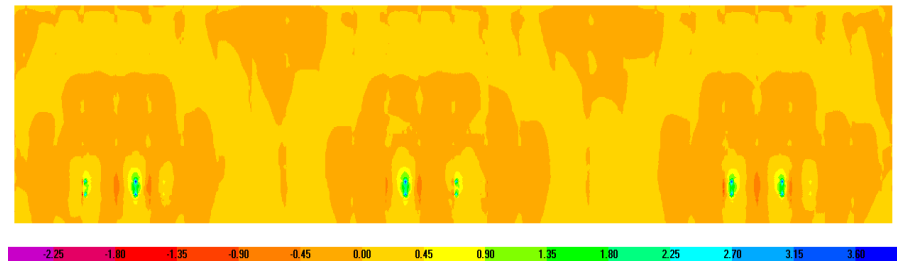
Gambar 5.5. Kontur momen plat akibat beban mati merata  $M_{11}$



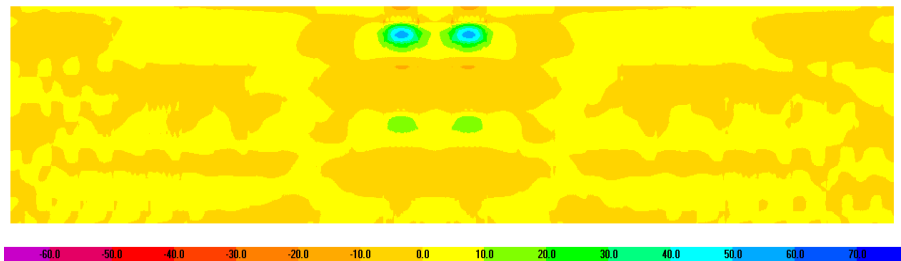
Gambar 5.6. Kontur momen plat akibat beban mati merata  $M_{22}$



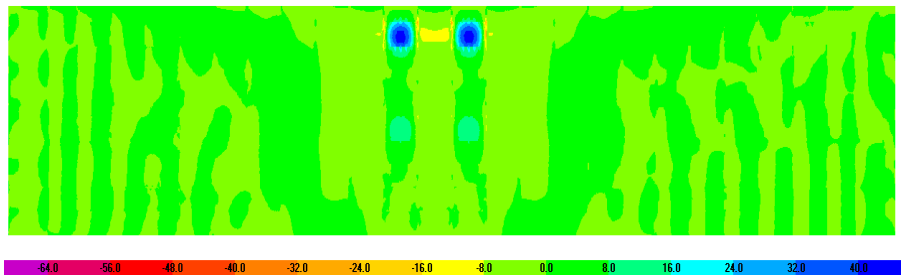
Gambar 5.7. Kontur momen plat akibat beban truk  $M_{11}$



Gambar 5.8. Kontur momen plat akibat beban truk M22

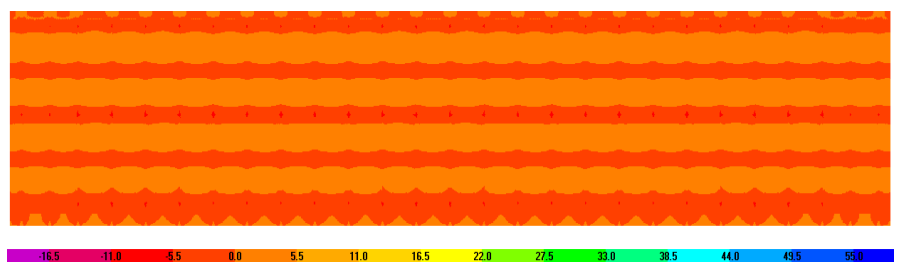


Gambar 5.9. Kontur momen plat akibat beban LHM  
Crane 2 M11

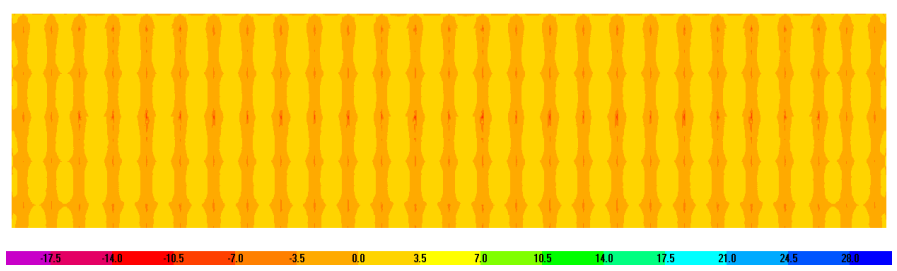


Gambar 5.10. Kontur momen plat akibat beban LHM  
Crane 2 M22





Gambar 5.11. Kontur momen plat akibat beban hidup merata  $M_{11}$



Gambar 5.12. Kontur momen plat akibat beban hidup merata  $M_{22}$

## 5.2. Perencanaan Plat

### 5.2.1. Penulangan Plat Dermaga

Penulangan plat dermaga dan trestle dihitung dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang dianalisa oleh program SAP 2000. Berikut adalah perhitungan penulangan plat dermaga tebal 500 mm (plat lajur pad LHM Crane).

Momen Plat Rencana (ton.m)			
Mlx	Mly	Mtx	Mty
69.750	48.835	-96.455	-94.708

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Data-data rencana :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm} \quad (\text{tebal plat})$$

$$p = 50 \text{ mm} \quad (\text{selimut beton})$$

$$D = 25 \text{ mm} \quad (\text{diameter tulangan})$$

$$\phi = 0.8$$

$$m = f_y / (0.85 f_c')$$

$$= 490 / (0.85 \times 37.35) = 15.434$$

Mutu Beton :

$$K = 450 \text{ kg/cm}^2 \quad (f_c' = 37.35 \text{ MPa})$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 \times (37.35 - 30 \text{ MPa})) = 0.79$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 28723.88 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 490 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

**Tulangan Tumpuan Arah X**

$$\begin{aligned} M_u &= 96.455 \text{ ton.m} \\ &= 9.65 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 9.65 \times 10^8 / 0.8 \\ &= 1.2 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - 1/2D = 450 - 50 - (25/2) \\ &= 437.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 1.2 \times 10^9 / (1000 \times 437.5^2) \\ &= 6.29 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600+490} = 0.0282 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 6.29}{490}} \right)$$

$$\rho = 0.01447$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  **$\rho = 0.01447$**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.01447 \times 1000 \times 437.5 \\
 &= 6331.26 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1000) / 6331.26 \\
 &= 77.492 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 75 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1000/75) \\
 &= 6541.67 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y = 6541.67 \times 490 \\
 &= 3205417 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 3205417 / (0.85 \times 37.35 \times 1000) \\
 &= 100.97 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 3205417 \times (437.5 - 100.97/2) \\
 &= 9.9 \times 10^8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 9.65 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Tulangan Lapangan Arah X**

$$\begin{aligned} M_u &= 69.750 \text{ ton.m} \\ &= 6.98 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 6.98 \times 10^8 / 0.8 \\ &= 8.7 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - 1/2D = 450 - 50 - (25/2) \\ &= 437.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 8.7 \times 10^8 / (1000 \times 437.5^2) \\ &= 4.56 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600+490} = 0.0282 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 4.56}{490}} \right)$$

$$\rho = 0.01008$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  **$\rho = 0.01008$**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.01008 \times 1000 \times 437.5 \\
 &= 4410.14 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1000) / 4410.14 \\
 &= 111.25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 100 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1000/100) \\
 &= 4906.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y = 4906.25 \times 490 \\
 &= 2404063 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 2404063 / (0.85 \times 37.35 \times 1000) \\
 &= 75.725 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 2404063 \times (437.5 - 75.725/2) \\
 &= 7.7 \times 10^8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 6.98 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

**Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$\begin{aligned} M_u &= 94.708 \text{ ton.m} \\ &= 9.47 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 9.47 \times 10^8 / 0.8 \\ &= 1.2 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - D - 1/2D = 450 - 50 - 25 - (25/2) \\ &= 412.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 1.2 \times 10^9 / (1000 \times 412.5^2) \\ &= 6.96 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600 + 490} = 0.0282 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 6.96}{490}} \right)$$

$$\rho = 0.01623$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  **$\rho = 0.01623$**

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.01623 \times 1000 \times 412.5 \\
 &= 6695.75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1000) / 6695.75 \\
 &= 73.274 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 70 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1000/70) \\
 &= 7008.93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y = 7008.93 \times 490 \\
 &= 3434375 \text{ N} \\
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 3434375 / (0.85 \times 37.35 \times 1000) \\
 &= 108.178 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 3434375 \times (412.5 - 108.178/2) \\
 &= 9.8 \times 10^8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 9.47 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$



**Tulangan Lapangan Arah Y**

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 48.835 \text{ ton.m} \\ &= 4.88 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \phi \\ &= 4.88 \times 10^8 / 0.8 \\ &= 6.1 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p - D - 1/2D = 450 - 50 - 25 - (25/2) \\ &= 412.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mn} / (b \cdot d^2) \\ &= 6.1 \times 10^8 / (1000 \times 412.5^2) \\ &= 3.59 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600 + 490} = 0.0282 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 3.59}{490}} \right)$$

$$\rho = 0.00779$$

$$\rho_{\text{maks}} > \rho > \rho_{\min},$$

maka digunakan  $\rho = 0.00779$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.00779 \times 1000 \times 412.5 \\
 &= 3213.24 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}
 s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\
 &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1000) / 3213.24 \\
 &= 152.69 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 150 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1000/s) \\
 &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1000/150) \\
 &= 3270.83 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y = 3270.83 \times 490 \\
 &= 1602708 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 1602708 / (0.85 \times 37.35 \times 1000) \\
 &= 50.483 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 1602708 \times (412.5 - 50.483/2) \\
 &= 5.0 \times 10^8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 4.88 \times 10^8 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Sedangkan untuk perhitungan penulangan plat lainnya disajikan pada lampiran.

### 5.2.2. Kontrol Lendutan Plat

Kontrol lendutan pada plat dihitung dengan mengatur dimensi dari plat yang terdiri dari lendutan sesaat dan lendutan jangka panjang.

#### ▪ Lendutan Sesaat dan Jangka Panjang

Lendutan sesaat akibat beban layan luar terjadi segera pada saat bekerja harus dihitung dengan menggunakan nilai  $E_{cj}$  yang ditentukan dan nilai momen efektif kedua dari luas unsur,  $I_{ef}$ . Disamping lendutan sesaat, beton bertulang akan mengalami pula lendutan yang timbul secara berangsur – angsur dalam jangka waktu yang lama. Dengan sendirinya bertambahnya regangan mengakibatkan perubahan distribusi tegangan pada beton dan tulangan baja sehingga lendutan bertambah untuk beban yang bersifat tetap. Selanjutnya lendutan ini disebut lendutan jangka panjang. Adapun perhitungan sesaat dan jangka panjang adalah sebagai berikut :

- Memasukkan nilai Modulus Elastisitas beton  $E_c$  berikut dalam program SAP 2000 SHELL :  
Nilai Modulus Elastisitas beton  $E_c$  dihitung sebagai berikut :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{c'}}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{37.35}$$

$$E_c = 28723.88 \text{ MPa}$$

Dari SAP 2000 didapat lendutan sesaat  $\Delta_{st}$  maksimum yang terjadi pada plat ialah 1.38 cm yang disebabkan oleh kombinasi Ultimate 1.2DL+0.9LL+1.0GX+0.3GY.

- Perhitungan lendutan jangka panjang dihitung dengan mengalikan lendutan sesaat dengan nilai pengali  $K_{cs}$  yaitu:

$$K_{cs} = 2 - 1,2 \left( \frac{A_{sc}}{A_{st}} \right) = 2 - 1,2 ( 1 ) = 0,8 \geq 0,8$$

Sehingga lendutan jangka panjang  $\Delta_{lt}$  akibat beban – beban yang bekerja pada plat adalah sebagai berikut :

Lendutan jangka panjang  $\Delta_{lt}$  akibat kombinasi ultimate 1.2DL+0.9LL+1.0GX+0.3GY :

$$\Delta_{lt} = \Delta_{st} \times K_{cs} = 1.38 \times 0,8 = 1.103 \text{ cm}$$

Pengecekan lendutan ijin harus dibatasi sebagaimana berikut ini :

Lendutan akibat pengaruh beban tetap yaitu :

$$0 < \text{lendutan yang terjadi} < L_n/300$$

$$0 < 1.103 < 2 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

### 5.3. Perencanaan Balok

#### 5.3.1. Penulangan Balok Dermaga

Berikut ini akan diuraikan cara perhitungan penulangan balok melintang dermaga 60/90 cm, baik tulangan lentur, torsi, maupun geser. Untuk perhitungan tulangan balok lainnya disajikan pada lampiran.

##### 1. Penulangan Lentur

Data Perencanaan :

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$p = 75 \text{ mm}$$

$$D \text{ tul} = 25 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.8$$

Mutu Beton :

$$K = 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 37.35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 * (f_c' - 30)) = 0.79 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

##### Tulangan Tumpuan

$$M_u = 1197601500 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 1197601500 / 0.8$$

$$= 1.5 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$d = 900 - 75 - 16 - \frac{1}{2}(25) = 796.5 \text{ mm}$$

$$m = f_y / (0.85 \times f_c')$$

$$= 400 / (0.85 \times 37.35)$$

$$\begin{aligned}
 &= 12.599 \\
 R_n &= M_n / (b \times d^2) \\
 &= 1.5 \times 10^9 / (600 \times 796.5^2) \\
 &= 3.933
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 1.4 / f_y \\
 &= 1.4 / 400 \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0.85 \times 0.79 \times 37.35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\
 &= 0.0377
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\
 &= 0.75 \times 0.0377 \\
 &= 0.0283
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12.599} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.599 \times 3.933}{400}} \right) \\
 &= 0.010531
 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$  , maka digunakan  $\rho$ .

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0.010531 \times 600 \times 796.5 \\
 &= 5032.543 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ tul } = 490.625 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D-25}$$

$$\begin{aligned}
 n &= A_s / A_{s \text{ tul}} \\
 &= 5032.543 / 490.625 \\
 &= 11.26 \approx 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Tulangan terpasang : **13D25**

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\
 &= 3.14/4 \times 25^2 \times 13 \\
 &= 6378.125 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \times f_y \\
 &= 6378.125 \times 400 \\
 &= 2551250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\
 &= 2551250 / (0.85 \times 37.35 \times 600) \\
 &= 133.93 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 2551250 \times (796.5 - 133.93/2) \\
 &= 1.49 \times 10^9
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u = 1.19 \times 10^9 \quad \rightarrow \text{OK}$$

Tulangan Lapangan

$$M_u = 1333505900 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 1333505900 / 0.8 \\ &= 1.7 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 900 - 75 - 16 - \frac{1}{2}(25) = 796.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c') \\ &= 400 / (0.85 \times 37.35) \\ &= 12.599 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 1.7 \times 10^9 / (600 \times 796.5^2) \\ &= 4.379 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1.4 / f_y \\ &= 1.4 / 400 \\ &= 0.0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.79 \times 37.35}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0.0377 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.0377 \\ &= 0.0283 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12.599} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.599 \times 4.379}{400}} \right) \\ &= 0.011829 \end{aligned}$$



$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$  , maka digunakan  $\rho$ .

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0.011829 \times 600 \times 796.5 \\ &= 5653.17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tul}} &= 490.625 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{D-25} \\ n &= A_s / A_{s \text{ tul}} \\ &= 5653.17 / 490.625 \\ &= 12.52 \approx 13 \text{ buah} \end{aligned}$$

Tulangan terpasang : **13D25**

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi/4 \cdot D^2 \cdot n \\ &= 3.14/4 \times 25^2 \times 13 \\ &= 6378.125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \times f_y \\ &= 6378.125 \times 400 \\ &= 2551250 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\ &= 2551250 / (0.85 \times 37.35 \times 600) \\ &= 133.934 \text{ mm} \\ \phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 2551250 \times (796.5 - 133.934/2) \\ &= 1.49 \times 10^9 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u = 1.33 \times 10^9 \rightarrow \text{OK}$$

## 2. Penulangan Torsi

Data Perencanaan :

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$p = 75 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tul}} = 19 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.75$$

$$\theta = 45^\circ \text{ (struktur nonpratekan)}$$

$$\cot \theta = 1$$

Mutu Beton :

$$K = 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 37.35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 \cdot (f_c' - 30)) = 0.79 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-39 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Perhitungan tulangan :

$$T_u = 152821500 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 1157409.4 \text{ N}$$

$$A_{cp} = b \times h$$

$$= 600 \times 900 = 540000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b + h)$$

$$= 2(600 + 900) = 3000 \text{ mm}^2$$

Hitung batasan nilai momen torsi yang boleh diabaikan.

$$\begin{aligned} T_u &> \phi \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{12} \cdot \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &> 0.75 \cdot \frac{\sqrt{37.35}}{12} \cdot \left( \frac{540000^2}{3000} \right) \\ &> 4 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$1.5 \times 10^8 > 4 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

Maka torsi harus diperhitungkan.

Hitung tahanan momen torsi yang diperlukan ( $T_n$ )

$$\begin{aligned} T_n &= T_u / \phi \\ &= 1.5 \times 10^8 / 0.75 = 2 \times 10^8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung sifat-sifat tampang datar yang diperlukan,  $A_o = 0.85 \cdot A_{oh}$ , dimana  $A_{oh}$  merupakan bagian luasan penampang yang dibatasi garis berat sengkang tertutup. Jika diasumsikan diameter sengkang 16 mm dan selimut beton atas 60 mm, bawah dan samping 75mm, maka :

$$\begin{aligned} x_1 &= 600 - 2(75 + 16/2) = 434 \text{ mm} \\ y_1 &= 900 - ((60+75)+2(16/2)) = 749 \text{ mm} \\ A_{oh} &= x_1 \cdot y_1 = 325066 \text{ mm}^2 \\ A_o &= 0.85 \times A_{oh} = 276306.1 \text{ mm}^2 \\ d &= 900 - 75 - 16 - 25/2 = 796.5 \text{ mm} \\ Ph &= 2(x_1 + y_1) = 2366 \text{ mm} \end{aligned}$$

Periksa kecukupan dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot h} + \frac{2\sqrt{f'_{ci}}}{3}\right)$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_{ci}}}{6} \cdot b \cdot d = 486778.2 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{1157409.4}{600 \times 796.5}\right)^2 + \left(\frac{152821500 \times 2366}{1.7 \times 325066^2}\right)^2} \leq$$

$$0.75 \left(\frac{486778.2}{600 \cdot 796.5} + \frac{2\sqrt{37.35}}{3}\right)$$

$$3.149 \text{ MPa} < 3.819 \text{ MPa} ,$$

Maka kuat lentur tampang mencukupi.

Hitung kebututuhan tulangan torsi :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} = \frac{203762000}{2 \times 276306 \times 400 \times 1} \\ &= 0.9218 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{A_t}{s} \geq b_w / 6f_{yv} = 600 / (6 \times 400) = 0.25 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Kebutuhan tulangan torsi arah longitudinal :

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \left( \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \right) \cot^2 \theta \\ &= 0.9218 \times 2366 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times 1^2 \\ &= 2181.009 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_l \text{ min} &= \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yl}} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \\ &= \frac{5 \sqrt{37.35} \cdot 540000}{12 \times 400} - 0.9218 \times 2366 \times \frac{400}{400} \\ &= 1256.69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_l = 2181.009 \text{ mm}^2 > A_l \text{ min} = 1256.69 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan torsi arah longitudinal 2181.009 mm<sup>2</sup>.

Dalam pemasangannya tulangan torsi longitudinal (Al) disebar; ½ Al didistribusikan merata pada muka tampang arah vertical untuk memenuhi ketentuan jarak maksimum tulangan longitudinal sebesar 300 mm, sehingga :

- Tulangan bagian badan :

$$\frac{1}{2} \times 2181.009 \text{ mm}^2 = 1090.51 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai } \mathbf{4 \text{ D-19}} = 1133.54 \text{ mm}^2$$

### 3. Penulangan Geser

Data Perencanaan :

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$p = 75 \text{ mm}$$

$$\phi = 0.75$$

Mutu Beton :

$$K = 450 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c' = 37.35 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 * (f_c' - 30)) = 0.79 \text{ MPa}$$

Mutu Baja U-40 :

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

#### Tulangan Tumpuan

$$V_u = 1157409.4 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_u / \phi \\ &= 1157409.4 / 0.75 \\ &= 1543213 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} . b . d = 486778.2 \text{ N}$$

$$\begin{array}{lll} V_u & < & 5 . \phi . V_c \\ 1157409.4 \text{ N} & < & 5 \times 0.75 \times 486778.2 \text{ N} \\ 1157409.4 \text{ N} & < & 1825418.3 \quad \rightarrow \mathbf{OK} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &> 0.5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 1157409.4 \text{ N} &> 0.5 \times 0.75 \times 486778.2 \text{ N} \\
 1157409.4 \text{ N} &> 182542
 \end{aligned}$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\begin{aligned}
 V_u &> \phi \cdot V_c \\
 1157409.4 \text{ N} &> 0.75 \times 486778.2 \text{ N} \\
 1157409.4 \text{ N} &> 365084 \quad \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \\
 V_s &= V_n - V_c \\
 &= 1543213 \text{ N} - 486778.2 \text{ N} \\
 &= 1056434 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot V_s \text{ perlu} &\geq V_u - \phi \cdot V_c \\
 0.75 \times 1056434 \text{ N} &\geq 1157409.4 - 0.75 \cdot 486778.2 \\
 792325.78 \text{ N} &= 792325.78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \times d} \\
 \frac{A_v}{s} &= \frac{1056434 \text{ N}}{400 \times 796.5} \\
 \frac{A_v}{s} &= 3.3159 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_v \text{ tot}}{s} &= \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\
 \frac{A_v \text{ tot}}{s} &= 1.8436 + 3.3159 \\
 \frac{A_v \text{ tot}}{s} &= 5.1595 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang sengkang 3 kaki berdiameter 16 mm.

Spasi tulangan :

$$S = \frac{A_v}{A_v \text{ tot} / s}$$

$$S = \frac{\left(\frac{1}{4} \times 3.14 \times 16^2 \cdot 3\right)}{5.1595}$$

$$s = 116.849 \text{ mm}$$

$$s = 110 \text{ mm}$$

Sedangkan nilai  $A_v$  total minimum adalah :

$$A_v + 2 A_t = s \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{1200 f_y}$$

$$A_v + 2 A_t = 110 \sqrt{37.35} \frac{600 \times 110}{1200 \times 400}$$

$$A_v + 2 A_t = 92.436 \text{ mm}$$

Dan nilai  $A_v + 2 A_t$  tidak boleh kurang dari :

$$1/3 \times b \times s / f_y = 1/3 \times 600 \times 110 / 400 = 55 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{llll} A_v & > & A_v + 2. A_t & > 1/3 \times b \times s / f_y \\ 602.88 & > & 92.436 & > 55 \end{array}$$

$$S \text{ maksimum} = Ph / 8 < 300$$

$$S \text{ maksimum} = 295.75 < 300$$

$$S \text{ maksimum} = 295.75 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{llll} S & < & S \text{ perlu} & < & S \text{ maks} \\ 110 & < & 116.19 & < & 295.75 \end{array}$$

Maka digunakan sengkang : **D 16 – 110 mm**

Tulangan Lapangan

$$V_u = 1150457.5 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_u / \phi \\ &= 1150457.5 / 0.75 \\ &= 1533943 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} . b . d = 486778.2 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_u &< 5 . \phi . V_c \\ 1150457.5 \text{ N} &< 5 \times 0.75 \times 486778.2 \text{ N} \\ 1150457.5 \text{ N} &< 1825418.3 \quad \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &> 0.5 . \phi . V_c \\ 1150457.5 \text{ N} &> 0.5 \times 0.75 \times 486778.2 \text{ N} \\ 1150457.5 \text{ N} &> 182542 \end{aligned}$$

Maka, perlu tulangan geser.

$$\begin{aligned} V_u &> \phi . V_c \\ 1150457.5 \text{ N} &> 0.75 \times 486778.2 \text{ N} \\ 1150457.5 \text{ N} &> 365084 \quad \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ V_s &= V_n - V_c \\ &= 1533943 \text{ N} - 486778.2 \text{ N} \\ &= 1047165 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi . V_s \text{ perlu} &\geq V_u - \phi . V_c \\ 0.75 \times 1047165 \text{ N} &\geq 1150457.5 - 0.75 \times 486778.2 \\ 785373.8813 \text{ N} &= 785373.8813 \text{ N} \end{aligned}$$



$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{1047165 \text{ N}}{400 \times 796.5}$$

$$\frac{A_v}{s} = 3.2868 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{v \text{ tot}}}{s} = \frac{2 A_t}{s} + \frac{A_v}{s}$$

$$\frac{A_{v \text{ tot}}}{s} = 1.8436 + 3.2868$$

$$\frac{A_{v \text{ tot}}}{s} = 5.1304 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang 3 kaki berdiameter 16 mm.

Spasi tulangan :

$$s = \frac{A_v}{A_{v \text{ tot}} / s}$$

$$s = \frac{\left(\frac{1}{4} \times 3.14 \times 16^2 \cdot 3\right)}{5.1304}$$

$$s = 117.5114 \text{ mm}$$

$$s = 110 \text{ mm}$$

Sedangkan nilai  $A_v$  total minimum adalah :

$$A_v + 2 A_t = s \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{1200 f_y}$$

$$A_v + 2 A_t = 110 \sqrt{37.35} \frac{600 \times 110}{1200 \times 400}$$

$$A_v + 2 A_t = 92.436 \text{ mm}$$

Dan nilai  $A_v + 2 A_t$  tidak boleh kurang dari :

$$1/3 \times b \times s / f_y = 1/3 \times 600 \times 110 / 400 = 55 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
 A_v & > & A_v + 2 \cdot A_t & > & 1/3 \times b \times s / f_y \\
 602.88 & > & 92.436 & > & 55
 \end{array}$$

$$S_{\text{maksimum}} = Ph / 8 < 300$$

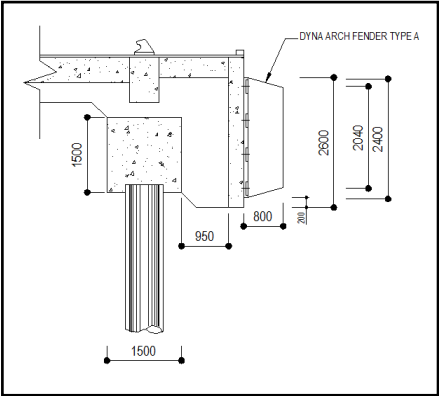
$$S_{\text{maksimum}} = 295.75 < 300$$

$$S_{\text{maksimum}} = 295.75 \text{ mm}$$

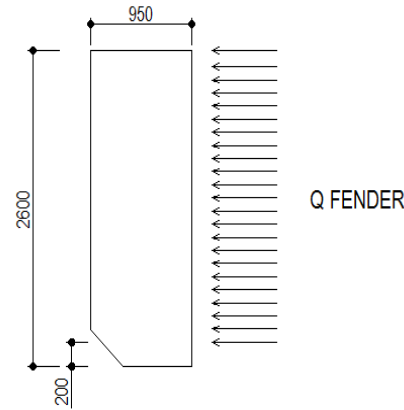
$$\begin{array}{rclclcl}
 S & < & S_{\text{perlu}} & < & S_{\text{maks}} \\
 110 & < & 117.51 & < & 295.75
 \end{array}$$

Maka digunakan sengkang : **D 16 – 110 mm**

5.4. Perencanaan Balok Fender



Gambar 5.13. Detail Balok Fender



Gambar 5.14. Gaya pada Penumpu Balok Fender

Data Perencanaan :

$$b_w = 2600 \text{ mm}$$

$$h = 950 \text{ mm}$$

$$p = 80 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - p \\ &= 950 - 80 \\ &= 870 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= (2600 - 200) / 2 \\ &= 1200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda = 1$$

$$\mu = 1.4 \lambda = 1.4$$

Dimensi Fender :

$$h = 2.4 \text{ m}$$

$$b = 0.8 \text{ m}$$

$$f_c' = 37.35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0.75$$

$$\begin{aligned} \text{Reaksi fender} &= 653 \text{ kN} = 65.3 \text{ ton} \\ &= 65.3 \text{ ton} / 2.4 \text{ m} \\ &= 27.21 \text{ ton/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 2 (27.21 \times 2.4) \\ &= 130.60 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_n = V_u / \phi = 130.60 / 0.75 = 174.13 \text{ ton}$$

Kontrol dimensi :

$$\begin{aligned} V_n &\leq 0.2 \times f_c' \times b_w \times d \\ 174.13 \times 10^4 \text{ N} &< 16897140 \text{ N} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 V_n & \leq & 5.5 \times b_w \times d & & \\
 174.13 \times 10^4 \text{ N} & < & 12441000 \text{ N} & & (\text{OK})
 \end{array}$$

Penulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= V_u / (\phi \cdot f_y \cdot \mu) \\
 &= 130.60 \times 10^4 / (0.75 \times 400 \times 1.4) \\
 &= 3109.52 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen :

$$\begin{aligned}
 N_{uc} &= 2 \times (0.2 V_u) = 2 \times (0.2 \times 130.60 \times 10^4) \\
 &= 522400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \cdot a + N_u \cdot (h - d) \\
 &= (130.60 \times 10^4 \times 1200) + (522400 \times (950 - 870)) \\
 &= 1608992000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_f &= M_u / (0.85 \phi \cdot f_y \cdot d) \\
 &= 1608992000 / (0.85 \times 0.75 \times 400 \times 870) \\
 &= 7252.612 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= N_{uc} / (\phi \cdot f_y) = 522400 / (0.75 \times 400) \\
 &= 1741.33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik :

$$A_{s1} = A_f + A_n = 8993.945 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 2/3 A_{vf} + A_n = 3814.349 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.04 \times f_c' / f_y \times b_w \times d$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.04 \times 37.35 / 400 \times 2600 \times 870$$

$$A_{s \text{ min}} = 8448.57 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipakai } A_s = 8993.945 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang : **20 D25**

$$A_s \text{ terpasang} = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 20 = 9812.5 \text{ mm}^2$$

Tulangan geser :

$$A_{h1} = \frac{1}{2} (A_s - A_n) = 3626.306 \text{ mm}^2$$

$$A_{h2} = \frac{1}{3} \times A_{V_f} = 1036.508 \text{ mm}^2 > A_s \text{ (OK)}$$

$$\text{Dipakai } A_s = 3626.306 \text{ mm}^2$$

Tulangan terpasang : **D19 – 150 mm**

$$A_s \text{ terpasang} = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 19^2 \times (2400/150)$$

$$A_s \text{ terpasang} = 4534.16 \text{ mm}^2 > A_s \text{ (OK)}$$

### 5.5. Perencanaan Poer

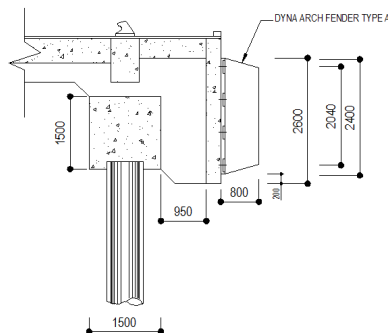
Pada sub ini akan diuraikan penulangan poer berdasarkan dimensi poer dan tiang pancang yang digunakan. Tipe balok poer pada dermaga antara lain:

Table 5.1. Dimensi Poer Dermaga

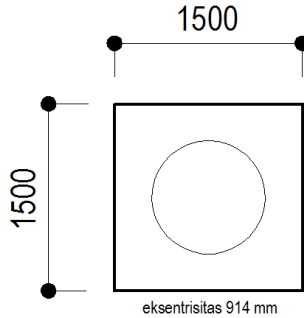
Type	Dimensi (mm)	Jumlah Tiang	Ket
A	1500 x 1500 x 1500	1	T. Tegak
B	3500 x 1500 x 2000	2	T. Miring

#### 5.5.1. Penulangan Poer Type A

Penulangan terhadap poer direncanakan untuk mengatasi eksentrisitas terhadap posisi tiang pancang rencana pada saat pelaksanaan. Pada poer type A as A-A, terdapat balok fender.



Gambar 5.15. Poer Type A dengan Balok Fender



Gambar 5.16. Tampak Atas Poer Type A

Dimensi :

$$b = 1500 \text{ mm}$$

$$p = 75 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$d = 1500 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1387.5 \text{ mm}$$

$$m = f_y / (0.85 f_c')$$

$$= 490 / (0.85 \times 37.35) = 15.434$$

$$\Phi = 0.8$$

$$D \text{ tiang} = 914 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 25 \text{ mm}$$

Mutu Beton :

$$K = 450 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} f_c' = 37.35 \text{ MPa)}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 \times (37.35 - 30 \text{ MPa})) = 0.79$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 28723.88 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 490 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$



### Kontrol Geser Ponds

$$P = 394.11 \text{ ton}$$

$$(1+DLA) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) h \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1+0.4) \times (394.11 \times 10^4) \times 2 \leq$$

$$2 (914 + 914 + (2 \times 1500)) 1500 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{(37.35)} \times 0.8$$

$$11035098.48 \text{ N} < 11802460.51 \text{ N}$$

Poer kuat menahan gaya geser.

Perhitungan tulangan:

$$M_u = P \times \text{Eksentrisitas}$$

$$= 394.11 \text{ ton} \times 0.914 \text{ m}$$

$$= 360.22 \text{ ton.m} = 3602171432 \text{ Nmm}$$

(Pada saat pelaksanaan, diijinkan terjadi eksentrisitas sebesar 1 D)

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 360.22 / 0.8$$

$$= 450.27 \text{ Nmm}$$

$$R_n = M_n / (b \cdot d^2)$$

$$= 450.27 \times 10^7 / (1500 \times 1387.5^2)$$

$$= 1.559$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y}$$

$$= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600+490} = 0.0282$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ \rho &= \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 1.559}{490}} \right) \\ \rho &= 0.0032644\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max},$$

maka digunakan  $\rho = 0.0032644$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0032644 \times 1500 \times 1387.5 \\ &= 6794.01 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned}s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1500) / 6794.01 \\ &= 108.32 \text{ mm}\end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 100 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned}A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1500/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1500/100) \\ &= 7359.38 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

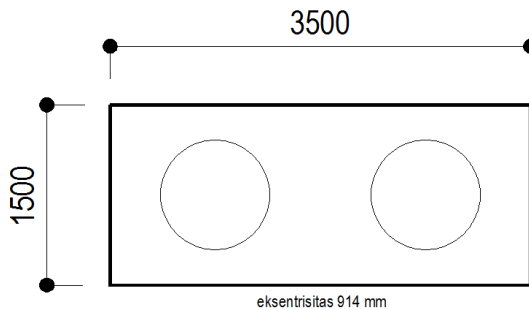
$$\begin{aligned}T &= A_{st} \cdot f_y = 7359.38 \times 490 \\ &= 3606094 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 3606094 / (0.85 \times 37.35 \times 1500) \\
 &= 75.72 \text{ mm} \\
 \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\
 &= 0.8 \times 3606094 \times (1387.5 - 75.72/2) \\
 &= 3.89 \times 10^9 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 3.602 \times 10^9 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

### 5.5.2. Penulangan Poer Type B

Penulangan terhadap poer direncanakan untuk mengatasi eksentrisitas terhadap posisi tiang pancang rencana pada saat pelaksanaan.



Gambar 5.17. Tampak Atas Poer Type B

Dimensi :

$$b_x = 1500 \text{ mm}$$

$$b_y = 3500 \text{ mm}$$

$$p = 100 \text{ mm}$$

$$h = 2000 \text{ mm}$$

$$m = f_y / (0.85 f_c')$$

$$= 490 / (0.85 \times 37.35) = 15.434$$

$$\Phi = 0.8$$

$$\text{Dia. Tulangan} = 25 \text{ mm}$$

Mutu Beton :

$$K = 450 \text{ kg/cm}^2 \text{ (} f_c' = 37.35 \text{ MPa)}$$

$$\beta = 0.85 - (0.008 \cdot (37.35 - 30 \text{ MPa})) = 0.79$$

$$E_b = 4700 \sqrt{f_c'} = 28723.88 \text{ MPa}$$

Mutu Baja :

$$f_y = 490 \text{ MPa}$$

$$E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

### Kontrol Geser Ponds

$$P = 470.74 \text{ ton}$$

$$(1 + \text{DLA}) \cdot P \cdot 2 < 2 (a + b + 2h) h \cdot 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \phi$$

$$(1 + 0.4) \times (470.74 \times 10^4) \times 2 \leq$$

$$2 (914 + 914 + (2 \times 2000)) 2000 \times 1/6 \times \sqrt{(37.35)} \times 0.8$$

$$13180765.92 \text{ N} < 18996062 \text{ N}$$

Poer kuat menahan gaya geser.

### Perhitungan tulangan arah X:

$$M_u = P \times \text{Eksentrisitas}$$

$$= 470.74 \text{ ton} \times 0.914 \text{ m}$$

$$= 430.26 \text{ ton.m} = 4.303 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

(Pada saat pelaksanaan, diijinkan terjadi eksentrisitas sebesar 1 D)

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 4.303 \times 10^9 / 0.8$$

$$= 5.37 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$dx = 2000 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 1887.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 5.37 \times 10^9 / (1500 \times 1887.5^2) \\ &= 1.006 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600+490} = 0.0282 \\ \rho_{\text{maks}} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 1.006}{490}} \right)$$

$$\rho = 0.002088$$

$$\rho < \rho_{\min},$$

maka digunakan  $\rho = \mathbf{0.00286}$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00286 \times 1500 \times 1887.5 \\ &= 8089.29 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned} s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 1500) / 8089.29 \\ &= 90.97 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 90 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (1500/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (1500/90) \\ &= 8177.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 8177.08 \times 490 \\ &= 4006771 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b_x) \\ &= 4006771 / (0.85 \times 37.35 \times 1500) \\ &= 84.14 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 4006771 \times (1887.5 - 84.14 / 2) \\ &= 5.915 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 4.303 \times 10^9 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Perhitungan tulangan arah Y:

$$\begin{aligned} M_u &= P \times \text{Eksentrisitas} \\ &= 470.74 \text{ ton} \times 0.914 \text{ m} \\ &= 430.26 \text{ ton.m} = 4.303 \times 10^9 \text{ Nmm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 4.303 \times 10^9 / 0.8 \\ &= 5.37 \times 10^9 \text{ Nmm} \\ d_y &= 2000 - 100 - 25 - 1/2 \cdot 25 = 1862.5 \text{ mm} \\ R_n &= M_n / (b \cdot d^2) \\ &= 5.37 \times 10^9 / (3500 \times 1862.5^2) \end{aligned}$$

$$= 0.443$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{490} = 0.00286$$

$$\rho_b = 0.85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600+f_y}$$

$$= 0.85 \times 0.79 \times \frac{37.35}{490} \times \frac{600}{600+490} = 0.0282$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0282 = 0.0212$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.434} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.434 \times 0.443}{490}} \right)$$

$$\rho = 0.00091$$

$$\rho < \rho_{\min},$$

maka digunakan  **$\rho_{\min} = 0.00286$**

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00286 \times 3500 \times 1862.5 \\ &= 18625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak terjauh (maksimum) antar tulangan ialah:

$$\begin{aligned} s &= (\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times b) / A_s \\ &= (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2 \times 3500) / 18625 \\ &= 92.198 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan diameter **25 - 90 mm**

Tulangan terpasang:

$$\begin{aligned} A_{st} &= \pi / 4 \cdot D^2 \cdot (3500/s) \\ &= 3.14 / 4 \cdot 25^2 \cdot (3500/90) \\ &= 19079.9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y = 19079.9 \times 490 \\ &= 9349132 \text{ N} \\ a &= T / (0.85 \times f_c' \times b) \\ &= 9349132 / (0.85 \times 37.35 \times 3500) \\ &= 84.138 \text{ mm} \\ \Phi M_n &= \phi \times T \times (d - a/2) \\ &= 0.8 \times 9349132 \times (1862.5 - 84.138/2) \\ &= 13.6 \times 10^9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\Phi M_n > M_u = 4.303 \times 10^9 \text{ Nmm} \rightarrow \mathbf{OK}$$



## 5.6. Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate

### 5.6.1. Tiang Pancang Ø762 mm tebal 16 mm

Data Perencanaan:

D tiang	= 762 mm
D dalam tiang	= 730 mm
Tebal	= 16 mm
$\phi$	= 0.7
$f_c'$	= 37.35 MPa
$f_y$	= 400 MPa
$P_{kerja}$	= 154.9 ton

#### a) Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \\
 &= 1/4(3.14)(730^2) \times 0.85 \times 0.7 \times 37.35 \\
 &= 929.7 \text{ ton} > 154.9 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

#### b) Kontrol retak poer

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \sqrt{f_c'} b \cdot d \\
 &= 1/6 \sqrt{37.35} 1500 \cdot 1387.5 \\
 &= 211.9 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{kerja}} < 2 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$154.9 < 2 \times 0.7 \times 211.9$$

$$154.9 < 296.8 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \text{ beton tidak retak.}$$

#### c) Kontrol kekuatan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX

Tegangan ijin tarik las ( $\sigma_e$ ) = 460 Mpa

Direncanakan tebal las tebal 5 mm

Maka kekuatan las

$$\begin{aligned}
 &= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \\
 &= (3.14 \times 730 \times 8) 460 \\
 &= 843.5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

843.5 Ton > 154.9 Ton ....OK (las kuat)

d) Tulangan dari tiang ke struktur atas

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} \cdot f_{y\text{tulangan}} &\geq P / \phi \\
 A_s \text{ perlu} \cdot &\geq P / (\phi \times f_{y\text{tulangan}}) \\
 A_s \text{ perlu} \cdot &= \frac{154.9 \times 10^4}{0.7 \times 400} \\
 A_s \text{ perlu} \cdot &= 5534.78 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang 12D25 (5887.5 mm<sup>2</sup>)

Senggang spiral Ø12 – 200 mm

e) Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam **tekan** yaitu dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f'_c})} \\
 l_{db} &= 25 \cdot \frac{400}{(4\sqrt{37.35})} \\
 &= 409.07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$0,04. db. fy = 0,04. 25 .400 = 400 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

Faktor modifikasi

$$\begin{aligned} &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ terpasang} \\ &= 5534.78 / 5887.5 \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah

$$\begin{aligned} L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} &= 409.07 \times 0,94 \\ &= 384.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 650 mm.

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi **tarik** dihitung menurut SNI 2847-03-2002 pasal 14.2 :

$$l_d = \frac{3. fy. \alpha. \beta. \lambda}{5 \sqrt{f_c}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah:

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{3. 400. 1. 1. 1}{5 \sqrt{37.35}} \cdot 25 \\ &= 981.76 \text{ mm} \end{aligned}$$

dipakai panjang berkas 2000 mm.

## f) Base Plate

Base plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base plate digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang dipikul oleh base plate :

$$\begin{aligned} P &= A_{\text{dalam tiang}} \times (t_p \cdot BJ_{\text{baja}} + BJ_{\text{beton}} \cdot L) \\ P &= 0.4183 \times (0.01 \times 7850 + 2400 \times 1.0) \\ &= 1.037 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Perhitungan pengait base plat

$$\begin{aligned} A &= \frac{P}{\sigma} = \frac{1.037 \times 10^3}{1600} \\ &= 0.648 \text{ cm}^2 \\ &= 64.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 6 buah pengait

$$A \text{ tiap pengait} = \frac{64.8}{6} = 10.8 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{6 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{6 \times 10.8}{3.14}} = 4.543$$

Dipasang pengait 6  $\phi$  10 mm ( $A_s = 471 \text{ mm}^2$ )

### 5.6.2. Tiang Pancang Ø914 mm tebal 19 mm

Data Perencanaan:

$D_{\text{tiang}}$	= 914 mm
$D_{\text{dalam tiang}}$	= 876 mm
Tebal	= 19 mm
$\phi$	= 0.7
$f_c'$	= 37.35 MPa
$f_y$	= 400 MPa
$P_{\text{kerja}}$	= 222.97 ton

#### a) Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \times 0.85 \times \phi \times f_c' \\
 &= 1/4(3.14)(876^2) \times 0.85 \times 0.7 \times 37.35 \\
 &= 1338.7 \text{ ton} > 222.97 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

#### b) Kontrol retak poer

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \sqrt{f_c'} b \cdot d \\
 &= 1/6 \sqrt{37.35} 1500 \cdot 1387.5 \\
 &= 211.9 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{kerja}} < 2 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$222.9 < 2 \times 0.7 \times 211.9$$

$$222.9 < 296.8 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \text{ beton tidak retak.}$$

#### c) Kontrol kekuatan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX

Tegangan ijin tarik las ( $\sigma_e$ ) = 460 Mpa

Direncanakan tebal las tebal 5 mm

Maka kekuatan las :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \\
 &= (3.14 \times 876 \times 5) 460 \\
 &= 632.65 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

632.65 Ton > 222.97 Ton ....OK (las kuat)

d) Tulangan dari tiang ke struktur atas

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} \cdot f_{y\text{tulangan}} &\geq P / \phi \\
 A_s \text{ perlu} \cdot &\geq P / (\phi \times f_{y\text{tulangan}}) \\
 A_s \text{ perlu} \cdot &= \frac{222.97 \times 10^4}{0.7 \times 400} \\
 A_s \text{ perlu} \cdot &= 7963.11 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang 18D25 (8831.25 mm<sup>2</sup>)

Senggang spiral Ø12 – 200 mm

e) Panjang penyaluran

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam **tekan** yaitu dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{db} &= d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f_c'})} \\
 l_{db} &= 25 \cdot \frac{400}{(4\sqrt{37.35'})} \\
 &= 409.07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$0,04 \cdot d_b \cdot f_y = 0,04 \cdot 25 \cdot 400 = 400 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran dasar harus dikalikan dengan faktor yang berlaku untuk luas tulangan terpasang lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan.

Faktor modifikasi

$$\begin{aligned}
 &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ terpasang} \\
 &= 7963.11 / 8831.25 \\
 &= 0,902
 \end{aligned}$$

Sehingga panjang penyaluran total adalah

$$\begin{aligned}
 L_{db} \cdot \text{Faktor modifikasi} &= 409.07 \times 0,902 \\
 &= 368.98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipakai panjang penyaluran sebesar 650 mm.

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi **tarik** dihitung menurut SNI 2847-03-2002 pasal 14.2 :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c}} \cdot d_b$$

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

maka panjang penyaluran dasar tulangan adalah:

$$\begin{aligned}
 l_d &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{37.35}} \cdot 25 \\
 &= 981.76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

dipakai panjang berkas 2000 mm.

## f) Base Plate

Base plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base plate digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang dipikul oleh base plate :

$$P = A_{\text{dalam tiang}} \times (t_p \cdot BJ_{\text{baja}} + BJ_{\text{beton}} \cdot L)$$

$$\begin{aligned} P &= 0.6024 \times (0.01 \times 7850 + 2400 \times 1.0) \\ &= 1.493 \text{ Ton} \end{aligned}$$

- Perhitungan pengait base plat

$$\begin{aligned} A &= \frac{P}{\sigma} = \frac{1.493 \times 10^3}{1600} \\ &= 0.933 \text{ cm}^2 \\ &= 93.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 8 buah pengait

$$A_{\text{tiap pengait}} = \frac{93.3}{8} = 11.67 \text{ mm}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{8 \times 11.67}{3.14}} = 5.451 \text{ mm}$$

Dipasang pengait 8  $\phi$  10 mm ( $A_s = 628 \text{ mm}^2$ )



## 5.7. Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

### 5.7.1. Daya Dukung Batas Pondasi

Daya dukung batas atas atau atau daya dukung ijin pondasi dianalisa berdasarkan 2 kondisi yaitu daya dukung batas atas akibat beban vertikal dan daya dukung batas akibat beban horisontal.

#### a. Tiang Diameter 914 mm

Diameter tiang	= 0.914 m
Teg. leleh baja BJ37 ( $\sigma$ )	= 2448 kg/cm <sup>2</sup>
Teg. Aksial ijin	= 1600 kg/cm <sup>2</sup>
Luas permukaan ujung	= $\frac{1}{4} \pi 0.914^2$
	= 0.65579 m <sup>2</sup>
DD ujung tiang ( $Q_p$ )	= 668.9 ton (tekan)
DD selimut tiang ( $Q_s$ )	= 1215.7 ton (tarik)
DD ultimate tiang ( $Q_u$ )	= $Q_p + Q_s$
	= 1884.62 ton
Q ijin	= $Q_u / SF$
	= 1884.62 / 2.5
	= 753.85 ton

Untuk perhitungan daya dukung tiang selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.2. Kapasitas Tiang Diameter 914 mm  
Berdasarkan Data SPT

Depth (m)	Soil Type	Li (m)	Soil Parameter				Li x Fi (t/m)	Σ Li x Fi (t/m)	Diameter : 0.914 m			
			N (blows/ft)	qd (t/m <sup>2</sup> )		Fi (t/m <sup>2</sup> )			Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Qijin (ton)
0	S	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5	S	1.5	7	280	1.4	1.4	2.1	2.1	183.62	6.03	189.65	75.86
3	CH	1.5	7	140	3.5	3.5	5.25	7.35	91.81	21.09	112.90	45.16
4.5	CH	1.5	6	120	3	3	4.5	11.85	78.69	34.01	112.70	45.08
6	CH	1.5	8	160	4	4	6	17.85	104.93	51.23	156.15	62.46
7.5	CH	1.5	8	160	4	4	6	23.85	104.93	68.45	173.37	69.35
9	CH	1.5	10	200	5	5	7.5	31.35	131.16	89.97	221.13	88.45
10.5	CH	1.5	11	220	5.5	5.5	8.25	39.6	144.27	113.65	257.92	103.17
12	CH	1.5	6	120	3	3	4.5	44.1	78.69	126.57	205.26	82.10
13.5	CH	1.5	7	140	3.5	3.5	5.25	49.35	91.81	141.63	233.44	93.38
15	CH	1.5	8	160	4	4	6	55.35	104.93	158.85	263.78	105.51
16.5	CH	1.5	9	180	4.5	4.5	6.75	62.1	118.04	178.22	296.27	118.51
18	CH	1.5	10	200	5	5	7.5	69.6	131.16	199.75	330.91	132.36
19.5	CH	1.5	10	200	5	5	7.5	77.1	131.16	221.27	352.43	140.97
21	CH	1.5	13	260	6.5	6.5	9.75	86.85	170.50	249.26	419.76	167.90
22.5	CH	1.5	15	300	7.5	7.5	11.25	98.1	196.74	281.54	478.28	191.31
24	CH	1.5	21	420	10.5	10.5	15.75	113.85	275.43	326.74	602.18	240.87
25.5	CH	1.5	18	360	9	9	13.5	127.35	236.08	365.49	601.57	240.63
27	CH	1.5	19	380	9.5	9.5	14.25	141.6	249.20	406.39	655.58	262.23
28.5	CH	1.5	18	360	9	9	13.5	155.1	236.08	445.13	681.21	272.49
30	CH	1.5	19	380	9.5	9.5	14.25	169.35	249.20	486.03	735.23	294.09
31.5	CH	1.5	20	400	10	10	15	184.35	262.31	529.08	791.39	316.56
33	CH	1.5	22	440	11	11	16.5	200.85	288.55	576.43	864.98	345.99
34.5	CH	1.5	22	440	11	11	16.5	217.35	288.55	623.79	912.33	364.93
36	CH	1.5	20	400	10	10	15	232.35	262.31	666.84	929.15	371.66
37.5	CH	1.5	19	380	9.5	9.5	14.25	246.6	249.20	707.73	956.93	382.77
39	CH	1.5	30	600	15	12	18	264.6	393.47	759.39	1152.86	461.15
40.5	CH	1.5	21	420	10.5	10.5	15.75	280.35	275.43	804.59	1080.02	432.01
42	CH	1.5	23	460	11.5	11.5	17.25	297.6	301.66	854.10	1155.76	462.30
43.5	CH	1.5	26	520	13	12	18	315.6	341.01	905.76	1246.77	498.71
45	CH	1.5	28	560	14	12	18	333.6	367.24	957.42	1324.66	529.86
46.5	CH	1.5	34	680	17	12	18	351.6	445.93	1009.08	1455.01	582.00
48	CH	1.5	30	600	15	12	18	369.6	393.47	1060.74	1454.21	581.68
49.5	CH	1.5	52	1040	26	12	18	387.6	682.02	1112.40	1794.41	717.77
51	CH	1.5	52	1040	26	12	18	405.6	682.02	1164.06	1846.07	738.43
52.5	CH	1.5	51	1020	25.5	12	18	423.6	668.90	1215.72	1884.62	753.85

(Sumber : Hasil Perhitungan)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{aktual}} &= -394.11 \text{ ton (1.0DL + 1.0LHM)} \\
 P_{\text{aktual}} &< Q_{\text{ijin}} = 753.85 \text{ ton} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

- **Modulus Section Tiang Baja**

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\pi (D^4 - (D - 2t)^4)}{32 \times D} = \frac{3.14 \times (91.4^4 - (91.4 - 3.8^4))}{32 \times 91.4} \\
 &= 11704.203 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- **Momen Ultimate pada Tiang**

$$\begin{aligned}
 M_u &= \sigma \times W \\
 &= 2448 \times 11704.203 \\
 &= 28651889 \text{ kg-cm} \\
 &= 286.52 \text{ ton-m} > M_{\text{aktual}} = 143.1 \text{ tm} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

- **Daya Dukung Horizontal Tiang**

Daya dukung horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diijinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$H_a = \frac{k_h \times D}{\beta} \times \delta a$$

Dimana :

$$k_h = 0.15N = 0.15 \times 7 = 1.05 \text{ kg/cm}^3$$

$$\delta a = 1 \text{ cm}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{kh \cdot D}{4EI}} = \sqrt{\frac{1.05 \times 91.4}{4 \times 2100000 \times 534882}} = 0.00215$$

$$1/\beta = 465.16 \text{ cm}$$

Sehingga, Daya Dukung Horizontal Tiang:

$$H_a = \frac{1.05 \times 91.4}{0.002149} \times 1 = 44.641 \text{ ton}$$

- **Kontrol terhadap Kekuatan Bahan**

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\sigma = \frac{753.85 \times 10^3}{6557.86} \pm \frac{143.1 \times 10^5}{11704.2}$$

$$\sigma = 1337.65 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma = -1107.74 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

- **Kontrol terhadap Tekuk**

$$P_{cr} = \frac{\pi \times E \times I}{(e + Zf)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{3.14 \times 2100000 \times 534882.08}{(1335 + 465.2)^2}$$

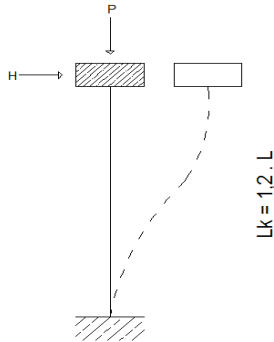
$P_{cr}$  harus lebih besar dari gaya aksial tekan aktual struktur.

$$P_{cr} = 1088.39 \text{ ton} > 394.11 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

- **Kontrol Kelangsingan**

$$\begin{aligned} L_k &= 1.2L \rightarrow L = (e + Zf) \\ &= (13.35 + 4.65) \\ &= 18.002 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_k = 21.602 \text{ m}$$



Gambar 5.18. Asumsi Panjang Tekuk Tiang

$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{534882.08}{533.96}} \\
 &= 31.65 \text{ cm} \\
 &= 0.317 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i} = \frac{21.602}{0.317} = 68.25$$

Angka kelangsingan batas ( $\lambda_g$ ) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\lambda_g = \sqrt{\frac{E}{0.7 \times f_{c'}}} \times \pi$$

$$\lambda_g = \sqrt{\frac{2100000}{0.7 \times 37.35}} \times 3.14$$

$$= 281.41 > \lambda = 68.25 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_s = \lambda / \lambda_g = 68.25 / 281.41 = 0.24$$

Dengan nilai  $0.183 < \lambda_s < 1$ , maka nilai  $\omega$  dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\omega &= 1.41 / (1.593 - \lambda_s) \\ &= 1.41 / (1.593 - 0.24) \\ &= 1.042\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{tekan ijin (beban tetap)}} &= (\sigma_{\text{Aksial ijin}} \times A) / \omega \\ &= (1600 \times 533.96) / 1.042 \\ &= 819.9 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$P_{\text{tekan ijin}} = 819.9 > P_{\text{tekan terjadi}} = 394.11 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{tekan ijin (beban sementara)}} &= (\sigma_{\text{Aksial ijin}} \times A) / \omega \\ &= (2080 \times 533.96) / 1.042 \\ &= 1065.9 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$P_{\text{tekan ijin}} = 1065.9 > P_{\text{tekan terjadi}} = 394.11 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

**b. Tiang Diameter 762 mm**

Diameter tiang	= 0.762 m
Teg. leleh baja BJ37 ( $\sigma$ )	= 2448 kg/cm <sup>2</sup>
Teg. Aksial ijin	= 1600 kg/cm <sup>2</sup>
Luas permukaan ujung	= $\frac{1}{4} \pi 0.762^2$ = 0.4558 m <sup>2</sup>
DD ujung tiang (Qp)	= 464.9 ton (tekan)
DD selimut tiang (Qs)	= 1013.5 ton (tarik)
DD ultimate tiang (Qu)	= Qp + Qs = 1478.46 ton
Q ijin	= Qu / SF = 1478.46 / 2.5 = 591.38 ton

Untuk perhitungan daya dukung tiang selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.3. Kapasitas Tiang Diameter 762 mm  
Berdasarkan Data SPT

Depth (m)	Soil Type	Li (m)	Soil Parameter				Li x Fi (t/m)	Σ Li x Fi (t/m)	Diameter : 0.762 m			
			N	qd		Fi			Qp	Qs	Qult	Q ijin
			(b/ft)	(t/m <sup>2</sup> )		(t/m <sup>2</sup> )			(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
0	S	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5	S	1.5	7	280	1.4	1.4	2.1	2.1	127.63	5.02	132.65	53.06
3	CH	1.5	7	140	3.5	3.5	5.25	7.35	63.81	17.59	81.40	32.56
4.5	CH	1.5	6	120	3	3	4.5	11.85	54.70	28.35	83.05	33.22
6	CH	1.5	8	160	4	4	6	17.85	72.93	42.71	115.64	46.26
7.5	CH	1.5	8	160	4	4	6	23.85	72.93	57.07	129.99	52.00
9	CH	1.5	10	200	5	5	7.5	31.35	91.16	75.01	166.17	66.47
10.5	CH	1.5	11	220	5.5	5.5	8.25	39.6	100.28	94.75	195.03	78.01
12	CH	1.5	6	120	3	3	4.5	44.1	54.70	105.52	160.21	64.09
13.5	CH	1.5	7	140	3.5	3.5	5.25	49.35	63.81	118.08	181.89	72.76
15	CH	1.5	8	160	4	4	6	55.35	72.93	132.43	205.36	82.15
16.5	CH	1.5	9	180	4.5	4.5	6.75	62.1	82.04	148.59	230.63	92.25
18	CH	1.5	10	200	5	5	7.5	69.6	91.16	166.53	257.69	103.08
19.5	CH	1.5	10	200	5	5	7.5	77.1	91.16	184.48	275.64	110.25
21	CH	1.5	13	260	6.5	6.5	9.75	86.85	118.51	207.80	326.31	130.53
22.5	CH	1.5	15	300	7.5	7.5	11.25	98.1	136.74	234.72	371.46	148.59
24	CH	1.5	21	420	10.5	10.5	15.75	113.85	191.44	272.41	463.84	185.54
25.5	CH	1.5	18	360	9	9	13.5	127.35	164.09	304.71	468.80	187.52
27	CH	1.5	19	380	9.5	9.5	14.25	141.6	173.21	338.80	512.01	204.80
28.5	CH	1.5	18	360	9	9	13.5	155.1	164.09	371.10	535.19	214.08
30	CH	1.5	19	380	9.5	9.5	14.25	169.35	173.21	405.20	578.41	231.36
31.5	CH	1.5	20	400	10	10	15	184.35	182.32	441.09	623.41	249.37
33	CH	1.5	22	440	11	11	16.5	200.85	200.55	480.57	681.12	272.45
34.5	CH	1.5	22	440	11	11	16.5	217.35	200.55	520.05	720.60	288.24
36	CH	1.5	20	400	10	10	15	232.35	182.32	555.94	738.26	295.30
37.5	CH	1.5	19	380	9.5	9.5	14.25	246.6	173.21	590.03	763.24	305.30
39	CH	1.5	30	600	15	12	18	264.6	273.48	633.10	906.59	362.63
40.5	CH	1.5	21	420	10.5	10.5	15.75	280.35	191.44	670.79	862.23	344.89
42	CH	1.5	23	460	11.5	11.5	17.25	297.6	209.67	712.06	921.73	368.69
43.5	CH	1.5	26	520	13	12	18	315.6	237.02	755.13	992.15	396.86
45	CH	1.5	28	560	14	12	18	333.6	255.25	798.20	1053.45	421.38
46.5	CH	1.5	34	680	17	12	18	351.6	309.95	841.27	1151.21	460.49
48	CH	1.5	30	600	15	12	18	369.6	273.48	884.33	1157.82	463.13
49.5	CH	1.5	52	1040	26	12	18	387.6	474.04	927.40	1401.44	560.58
51	CH	1.5	52	1040	26	12	18	405.6	474.04	970.47	1444.51	577.80
52.5	CH	1.5	51	1020	25.5	12	18	423.6	464.92	1013.54	1478.46	591.38

(Sumber : Hasil Perhitungan)



$$\begin{aligned}
 P_{\text{aktual}} &= -324.74 \text{ t (DL+LL+GX+0.3GY)} \\
 P_{\text{aktual}} &< Q_{\text{ijin}} = 591.38 \text{ ton} \quad \textbf{OK}
 \end{aligned}$$

- **Modulus Section Tiang Baja**

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\pi (D^4 - (D - 2t^4))}{32 \times D} = \frac{3.14 \times (76.2^4 - (76.2 - 3.2^4))}{32 \times 76.2} \\
 &= 6846.22 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- **Momen Ultimate pada Tiang**

$$\begin{aligned}
 M_u &= \sigma \times W \\
 &= 2448 \times 6846.22 \\
 &= 16759548 \text{ kg-cm} \\
 &= 167.6 \text{ ton-m} > M_{\text{aktual}} = 72.16 \text{ tm} \quad \textbf{OK}
 \end{aligned}$$

- **Daya Dukung Horizontal Tiang**

Daya dukung horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diijinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$H_a = \frac{k_h \times D}{\beta} \times \delta a$$

Dimana :

$$k_h = 0.15N = 0.15 \times 7 = 1.05 \text{ kg/cm}^3$$

$$\delta a = 1 \text{ cm}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{kh \cdot D}{4 E I}} = \sqrt{\frac{1.05 \times 76.2}{4 \times 2100000 \times 260841}} = 0.00246$$

$$1/\beta = 406.797 \text{ cm}$$

Sehingga, Daya Dukung Horizontal Tiang:

$$H_a = \frac{1.05 \times 76.2}{0.00246} \times 1 = 32.548 \text{ ton}$$

- **Kontrol terhadap Kekuatan Bahan**

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\sigma = \frac{591.38 \times 10^3}{4558.06} \pm \frac{72.16 \times 10^5}{6846.22}$$

$$\sigma = 1183.81 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\sigma = -924.32 < 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

- **Kontrol terhadap Tekuk**

$$P_{cr} = \frac{\pi \times E \times I}{(e + Zf)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{3.14 \times 2100000 \times 260841}{(1355 + 406.8)^2}$$

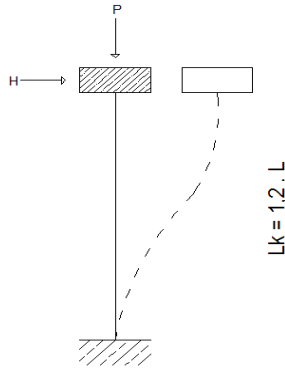
$P_{cr}$  harus lebih besar dari gaya aksial tekan aktual struktur.

$$P_{cr} = 554.13 \text{ ton} > 324.74 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

- **Kontrol Kelangsingan**

$$\begin{aligned} L_k &= 1.2L \rightarrow L = (e + Zf) \\ &= (13.55 + 4.068) \\ &= 17.618 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_k = 21.142 \text{ m}$$



Gambar 5.19. Asumsi Panjang Tekuk Tiang

$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{260841}{374.79}} \\
 &= 26.38 \text{ cm} \\
 &= 0.264 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i} = \frac{21.142}{0.264} = 80.14$$

Angka kelangsingan batas ( $\lambda_g$ ) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\lambda_g = \sqrt{\frac{E}{0.7 \times f_{c'}}} \times \pi$$

$$\lambda_g = \sqrt{\frac{2100000}{0.7 \times 37.35}} \times 3.14$$

$$= 281.41 > \lambda = 80.14 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_s = \lambda / \lambda_g = 80.14 / 281.41 = 0.285$$

Dengan nilai  $0.183 < \lambda_s < 1$ , maka nilai  $\omega$  dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\omega &= 1.41 / (1.593 - \lambda_s) \\ &= 1.41 / (1.593 - 0.285) \\ &= 1.078\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{tekan ijin (beban tetap)}} &= (\sigma_{\text{Aksial ijin}} \times A) / \omega \\ &= (1600 \times 374.79) / 1.078 \\ &= 556.27 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$P_{\text{tekan ijin}} = 556.3 > P_{\text{tekan terjadi}} = 324.74 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{tekan ijin (beban sementara)}} &= (\sigma_{\text{Aksial ijin}} \times A) / \omega \\ &= (2080 \times 374.79) / 1.078 \\ &= 723.2 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$P_{\text{tekan ijin}} = 723.2 > P_{\text{tekan terjadi}} = 324.74 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# Penulangan Plat Dermaga Type A

Tebal plat

500 mm

Cover

50 mm

fc'

37.35 MPa

fy

490 MPa

D tulangan

25 mm

dx

437.5 mm

dy

412.5 mm

β1

0.79

Arah	Mu	Mu	Mn	Rn	m	ρ min	ρb	ρ max	ρ perlu	ρ pakai	As	Aφ	S max	S pakai	As pakai		Tulangan	
	tm	Nmm	Nmm								mm2	mm2	mm	mm	mm2		D	Jarak
Mtx	96.45	9.645E+08	1.206E+09	6.30	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0145	0.0145	6331.26	490.87	77.53	75	6544.985	ok	25	75
Mlx	69.75	6.975E+08	8.719E+08	4.56	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0101	0.0101	4410.14	490.87	111.31	100	4908.739	ok	25	100
Mty	94.71	9.471E+08	1.184E+09	6.96	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0162	0.0162	6695.75	490.87	73.31	50	9817.477	ok	25	70
Mly	48.83	4.883E+08	6.104E+08	3.59	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0078	0.0078	3213.24	490.87	152.77	150	3272.492	ok	25	150

$\rho \text{ min} < \rho \text{ pakai} < \rho \text{ max}$

**Mtx**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 3207043 N

a	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	101.02	mm
$\phi M_n$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	9.93E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mty**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 4810564 N

a	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	151.5258	mm
$\phi M_n$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	1.3E+09	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mlx**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 2405282 N

a	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	75.76	mm
$\phi M_n$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	7.69E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mly**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 1603521 N

a	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	50.51	mm
$\phi M_n$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	4.97E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	



## Penulangan Plat Dermaga Type B

Tebal plat      350 mm  
 Cover            50 mm  
 fc'                37.35 Mpa  
 fy                 490 MPa  
 D tulangan      25 mm  
 dx                287.5 mm  
 dy                262.5 mm  
 β1 =              0.79

Arah	Mu	Mu	Mn	Rn	m	ρ min	ρb	ρ max	ρ perlu	dipakai ρ	As	Aφ	S max	S pakai	As pakai		Tulangan	
	tm	Nmm	Nmm								mm2	mm2	mm	mm	mm2		D	Jarak
Mtx	31.44	3.144E+08	3.929E+08	4.75	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0106	0.0106	3036.84	490.87	161.64	150	3272.492	ok	25	150
Mlx	31.70	3.170E+08	3.963E+08	4.79	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0107	0.0107	3065.27	490.87	160.14	150	3272.492	ok	25	150
Mty	37.81	3.781E+08	4.726E+08	6.86	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0160	0.0160	4190.64	490.87	117.14	100	4908.739	ok	25	100
Mly	23.28	2.328E+08	2.910E+08	4.22	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0093	0.0093	2436.97	490.87	201.43	200	2454.369	ok	25	200

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

**Mtx**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 1603521 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	50.51	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	3.36E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mty**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 2405282 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	75.76288	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	4.32E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mlx**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 1603521 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	50.51	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	3.36E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mly**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 1202641 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	37.88	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	2.34E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

Penulangan Plat Trestle

Tebal plat 300 mm  
Cover 50 mm  
fc' 37.35 Mpa  
fy 490 MPa  
D tulangan 25 mm  
dx 237.5 mm  
dy 212.5 mm  
β1 = 0.79

Arah	Mu	Mu	Mn	Rn	m	ρ min	ρb	ρ max	ρ perlu	dipakai ρ	As	Aφ	S max	S pakai	As pakai		Tulangan	
	tm	Nmm	Nmm								mm2	mm2	mm	mm	mm2		D	Jarak
Mtx	19.32	1.932E+08	2.415E+08	4.28	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0094	0.0094	2238.06	490.87	219.33	200	2454.369	ok	25	200
Mlx	31.92	3.192E+08	3.990E+08	7.07	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0165	0.0165	3930.18	490.87	124.90	100	4908.739	ok	25	100
Mty	38.97	3.897E+08	4.871E+08	10.79	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0281	0.0281	5974.21	490.87	82.17	75	6544.985	ok	25	75
Mly	23.40	2.340E+08	2.925E+08	6.48	15.43	0.0029	0.0282	0.0212	0.0149	0.0149	3175.55	490.87	154.58	150	3272.492	ok	25	150

$\rho \text{ min} < \rho \text{ pakai} < \rho \text{ max}$

**Mtx**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 1202641 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	37.88	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	2.1E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mty**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 3207043 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	101.0172	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	4.16E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mlx**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 2405282 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	75.76	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	3.84E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**Mly**

CEK KEMAMPUAN NOMINAL

T= Ast.fy = 1603521 N

a=	$T/(0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	50.51	mm
$\phi M_n =$	$\phi \cdot T \cdot (d - a/2)$	2.4E+08	Nmm
$\phi M_n >$	Mu terjadi	ok	

**TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN LENTUR BALOK**

$\rho_{min} = 0.0035$                        $f_c' = 37.35 \text{ MPa}$   
 $\rho_{maks} = 0.0283$                        $\beta = 0.79$   
 $\rho_b = 0.0377$                        $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 $\phi = 0.8$

Type Balok	Lokasi	d (mm)	Mu	Mn	Rn	$\rho$ perlu	Kontrol Rasio Tulangan	As	D tul	Jumlah	As pakai	Kontrol Kekuatan Nominal			KET
			Nmm	Nmm				mm2	mm		mm2	T	a	$\phi M_n$	
Balok Melintang Dermaga	Tumpuan	796.5	1197601500	1.497E+09	3.9328	0.0105	$\rho$ perlu	5032.543	25	13	6378.125	2551250	133.9344	1488976414	OK
600 x 900	Lapangan	796.5	1333505900	1.667E+09	4.3791	0.0118	$\rho$ perlu	5653.174	25	13	6378.125	2551250	133.9344	1488976414	OK
Balok Memanjang Dermaga	Tumpuan	798	866276000	1.083E+09	2.8341	0.0074	$\rho$ perlu	3559.031	22	10	3799.4	1519760	79.78	921713948	OK
600 x 900	Lapangan	798	877890200	1.097E+09	2.8721	0.0075	$\rho$ perlu	3609.249	22	10	3799.4	1519760	79.78	921713948	OK
Balok Memanjang Dermaga	Tumpuan	505.5	192815800	241019750	2.0960	0.0054	$\rho$ perlu	1234.170	19	5	1416.925	566770	39.67	220207813	OK
450 x 600	Lapangan	505.5	282078700	352598375	3.0664	0.0081	$\rho$ perlu	1837.296	19	7	1983.695	793478	55.54	303254313	OK
Balok Listplank Dermaga	Tumpuan	407	64313200	80391500	1.6177	0.0042	$\rho$ perlu	507.071	16	3	602.88	241152	25.32	76076724.1	OK
300 x 500	Lapangan	407	33459700	41824625	0.8416	0.0035	$\rho$ min	427.350	16	3	602.88	241152	25.32	76076724.1	OK
Balok Melintang Trestle	Tumpuan	603.5	437109500	546386875	3.3338	0.0088	$\rho$ perlu	2396.650	19	9	2550.465	1020186	71.41	463405323	OK
450 x 700	Lapangan	603.5	196050200	245062750	1.4950	0.0038	$\rho$ perlu	1040.276	19	4	1133.54	453416	31.74	213153101	OK
Balok Memanjang Trestle	Tumpuan	596.5	1083336900	1.354E+09	8.4570	0.0251	$\rho$ perlu	6742.391	25	14	6868.75	2747500	192.3	1099751600	OK
450 x 700	Lapangan	596.5	629883500	787354375	4.9170	0.0134	$\rho$ perlu	3604.878	25	8	3925	1570000	109.89	680189992	OK

**TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN TORSI BALOK**

$f_c' = 37.4 \text{ MPa}$   
 $\beta = 0.79$   
 $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 $\phi = 0.8$

Type Balok	d (mm)	Acp	Pcp	Aoh	Ao	Ph	Tu	Kontrol Keperluan Tulangan	Tn	Kontrol Kemampuan Penampang			KET	Tul. Tambhn Transversal (At/s)	Tul. Tambahan Longitudinal		
		mm <sup>2</sup>	mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	Nmm		Nmm		<				Al (mm <sup>2</sup> )	Al min (mm <sup>2</sup> )	Al pakai (mm <sup>2</sup> )
Balok Melintang Dermaga 600 x 900	796.5	540000	3000	325066	276306	2366	152821500	Perlu	203762000	3.149	<	3.8197	OK	0.9218	2181	1257	2181
Balok Memanjang Dermaga 600 x 900	798	540000	3000	325066	276306	2366	169047400	Perlu	225396533	2.79	<	3.82	OK	1.019	2413	1025	2413
Balok Memanjang Dermaga 450 x 600	505.5	270000	2100	131950	112158	1490	26922400	Perlu	35896533	1.79	<	3.82	OK	0.400	596	1123	1123
Balok Listplank Dermaga 300 x 500	407	150000	1600	48714	41407	982	7025000	Perlu	9366667	1.74	<	3.82	OK	0.283	278	677	677
Balok Melintang Trestle 450 x 700	603.5	315000	2300	169500	144075	1730	68498500	Perlu	91331333	3.09	<	3.82	OK	0.792	1371	634	1371
Balok Memanjang Trestle 450 x 700	596.5	315000	2300	169500	144075	1730	20516300	Perlu	27355067	2.36	<	3.82	OK	0.237	411	1595	1595

**TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN GESER BALOK**

$f_c' = 37.4 \text{ MPa}$   
 $\beta = 0.79$   
 $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 $\phi = 0.8$

Type Balok	Lokasi	d (mm)	$V_u$	$V_n$	$V_c$	$V_u < 5\phi V_c$	$V_u > 0.5\phi V_c$	$V_u \leq \phi V_c$	Diameter Tulangan	Kaki Sengkang	Spasi		Kontrol Spasi Maks		KET
			N	N	N						perlu	pakai	Ph/8	Smaks	
Balok Melintang Dermaga	Tumpuan	796.5	1157409	1543212.5	486778.158	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	16	3	116.85	110	295.75	300	OK
600 x 900	Lapangan	796.5	1150457.5	1533943.3	486778.16	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	16	3	117.51	110	295.75	300	OK
Balok Memanjang Dermaga	Tumpuan	798	807216.4	1076288.5	487694.88	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	16	3	153.38	150	295.75	300	OK
600 x 900	Lapangan	798	806762	1075682.7	486778.16	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	16	3	153.2	150	295.75	300	OK
Balok Memanjang Dermaga	Tumpuan	505.5	269452	359269.33	231700.9	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	10	2	108.48	100	186.25	300	OK
450 x 600	Lapangan	505.5	269427.1	359236.13	231013.36	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	10	2	108.09	100	186.25	300	OK
Balok Listplank Dermaga	Tumpuan	407	39391.1	52521.467	124368.31	OK	Tanpa Tulangan Geser	Perlu Tulangan Geser Minimum	10	2	191.01	190	203.5	300	OK
300 x 500	Lapangan	407	48638.3	64851.067	124368.31	OK	Tanpa Tulangan Geser	Perlu Tulangan Geser Minimum	10	2	191.01	190	203.5	300	OK
Balok Melintang Trestle	Tumpuan	603.5	517505.1	690006.8	276620.17	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	12	3	101.5	100	216.25	300	OK
450 x 700	Lapangan	603.5	398794.1	531725.47	276620.17	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	12	3	127.08	120	216.25	300	OK
Balok Memanjang Trestle	Tumpuan	596.5	601540	802053.33	273411.65	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	16	3	219.46	210	216.25	300	OK
450 x 700	Lapangan	596.5	561716.2	748954.93	273411.65	OK	Perlu Tulangan Geser	Hitung $\phi$ Vs perlu	16	3	239.35	230	216.25	300	OK



**PT. OLEOKIMIA SEJAHTERA MAS**

Sinar Mas Land Plaza Tower II 14th Floor  
Jln. MH Thamrin Kav. 22 No 51 Jakarta 10350  
Telp. (6221)50338899 Fax. (6221) 50389999

## **ADDITIONAL REPORT SOIL INVESTIGATION OLEOCHEMICAL PLANT LUBUK GAUNG - DUMAI**



**JULY 2015 TO SEPTEMBER 2015**

**PT. ANEKABANGUN REKATAMA ENG**

Civil Engineering, Mechanical Electrical, Soil Investigation & Surveying  
Jln. Kesehatan V No. 17 Bintaro Jaya - Jakarta Selatan 12330  
Phone: (6221) 7352210, Fax: (6221) 73691433  
email: aneka\_bangun@yahoo.com



# **APPENDIX I**

---

## **ALLOWABLE PILE CAPACITY BASED ON SPT**

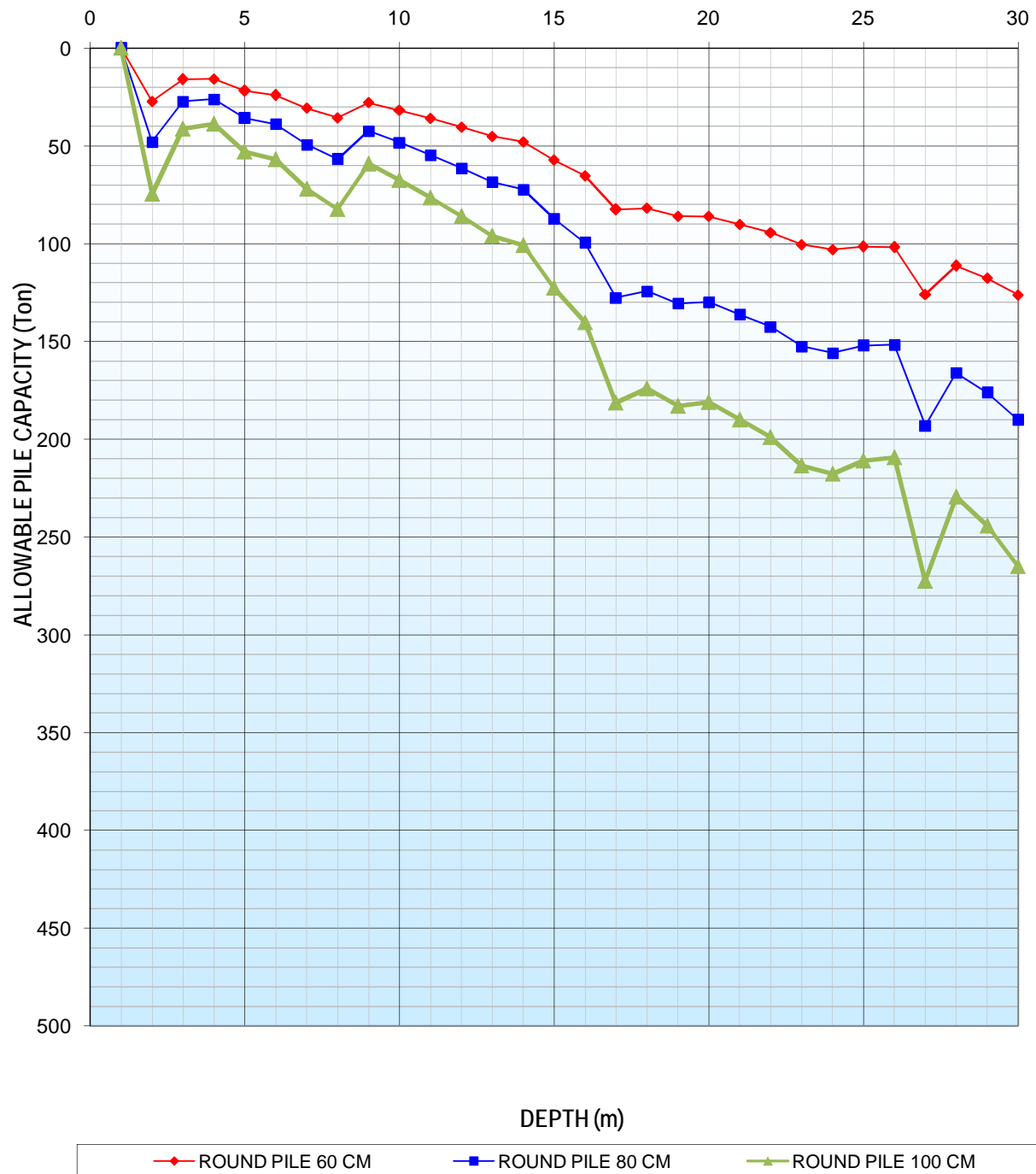
**ADDITIONAL REPORT SOIL INVESTIGATION  
OLEOCHEMICAL PLANT  
LUBUNG GAUNG - DUMAI**

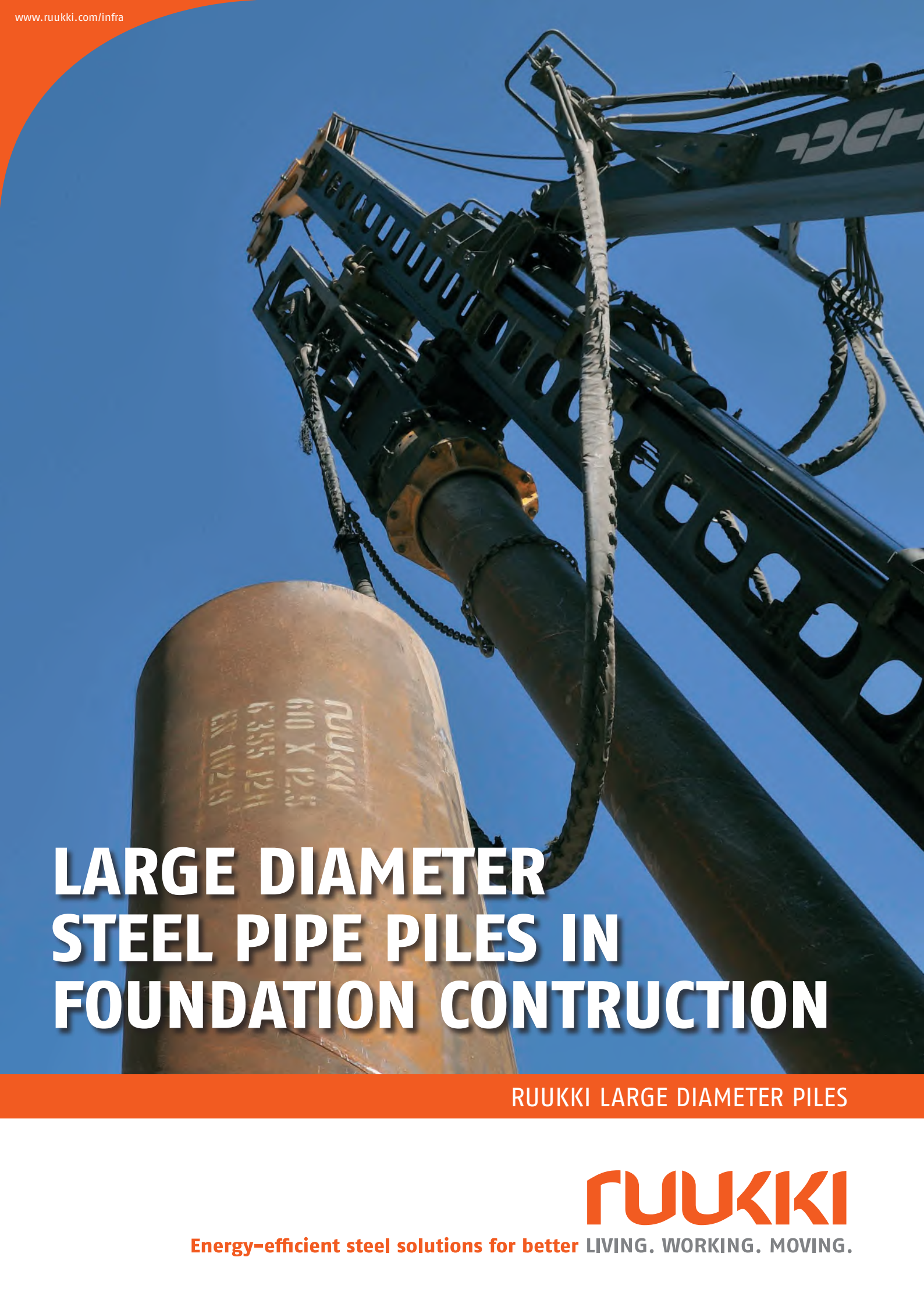
**ALLOWABLE PILE CAPACITY BASED ON SPT  
ROUND PILE Ø 60 CM, Ø 80 CM, Ø 100 CM**

PROJECT : OLEOCHEMICAL PLANT  
LOCATION : LUBUK GAUNG - DUMAI  
BORING NO. : B.1

Depth (m)	Soil Type	Li (m)	Soil Parameter			Li x Fi (t/m)	Σ Li x Fi (t/m)	Ø 60 CM				Ø 80 CM				Ø 100 CM			
			N (Blows/Ft)	qd (t/m²)	Fi (t/m²)			Tarik Ton	Tekan Ton	Total Ton	Lateral Ton	Tarik Ton	Tekan Ton	Total Ton	Lateral Ton	Tarik Ton	Tekan Ton	Total Ton	Lateral Ton
0.0	S	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0
1.5	S	1.5	7	280	1.4	2.10	2.10	0.79	26.38	27.17	3	1.06	46.91	47.96	5	1.32	73.27	74.59	7
3.0	CH	1.5	7	140	3.5	5.25	7.35	2.77	13.19	15.96	2	3.69	23.45	27.15	3	4.62	36.63	41.25	4
4.5	CH	1.5	6	120	3.0	4.50	11.85	4.47	11.30	15.77	2	5.95	20.10	26.06	3	7.44	31.40	38.84	4
6.0	CH	1.5	8	160	4.0	6.00	17.85	6.73	15.07	21.80	2	8.97	26.81	35.77	4	11.21	41.87	53.08	5
7.5	CH	1.5	8	160	4.0	6.00	23.85	8.99	15.07	24.06	2	11.98	26.81	38.79	4	14.98	41.87	56.84	6
9.0	CH	1.5	10	200	5.0	7.50	31.35	11.81	18.84	30.65	3	15.75	33.51	49.26	5	19.69	52.33	72.02	7
10.5	CH	1.5	11	220	5.5	8.25	39.60	14.92	20.72	35.65	4	19.90	36.86	56.75	6	24.87	57.57	82.44	8
12.0	CH	1.5	6	120	3.0	4.50	44.10	16.62	11.30	27.92	3	22.16	20.10	42.26	4	27.69	31.40	59.09	6
13.5	CH	1.5	7	140	3.5	5.25	49.35	18.60	13.19	31.78	3	24.79	23.45	48.25	5	30.99	36.63	67.63	7
15.0	CH	1.5	8	160	4.0	6.00	55.35	20.86	15.07	35.93	4	27.81	26.81	54.61	5	34.76	41.87	76.63	8
16.5	CH	1.5	9	180	4.5	6.75	62.10	23.40	16.96	40.36	4	31.20	30.16	61.36	6	39.00	47.10	86.10	9
18.0	CH	1.5	10	200	5.0	7.50	69.60	26.23	18.84	45.07	5	34.97	33.51	68.47	7	43.71	52.33	96.04	10
19.5	CH	1.5	10	200	5.0	7.50	77.10	29.05	18.84	47.89	5	38.74	33.51	72.24	7	48.42	52.33	100.75	10
21.0	CH	1.5	13	260	6.5	9.75	86.85	32.73	24.49	57.22	6	43.63	43.56	87.19	9	54.54	68.03	122.58	12
22.5	CH	1.5	15	300	7.5	11.25	98.10	36.96	28.26	65.22	7	49.29	50.26	99.55	10	61.61	78.50	140.11	14
24.0	CH	1.5	21	420	10.5	15.75	113.85	42.90	39.56	82.46	8	57.20	70.36	127.56	13	71.50	109.90	181.40	18
25.5	CH	1.5	18	360	9.0	13.50	127.35	47.99	33.91	81.90	8	63.98	60.31	124.29	12	79.98	94.20	174.18	17
27.0	S	1.5	19	380	3.8	5.70	133.05	50.13	35.80	85.93	9	66.84	63.66	130.51	13	83.56	99.43	182.99	18
28.5	S	1.5	18	360	3.6	5.40	138.45	52.17	33.91	86.08	9	69.56	60.31	129.87	13	86.95	94.20	181.15	18
30.0	S	1.5	19	380	3.8	5.70	144.15	54.32	35.80	90.11	9	72.42	63.66	136.08	14	90.53	99.43	189.96	19
31.5	S	1.5	20	400	4.0	6.00	150.15	56.58	37.68	94.26	9	75.44	67.01	142.45	14	94.29	104.67	198.96	20
33.0	S	1.5	22	440	4.4	6.60	156.75	59.06	41.45	100.51	10	78.75	73.71	152.47	15	98.44	115.13	213.57	21
34.5	S	1.5	22	440	4.4	6.60	163.35	61.55	41.45	103.00	10	82.07	73.71	155.78	16	102.58	115.13	217.72	22
36.0	S	1.5	20	400	4.0	6.00	169.35	63.81	37.68	101.49	10	85.08	67.01	152.09	15	106.35	104.67	211.02	21
37.5	S	1.5	19	380	3.8	5.70	175.05	65.96	35.80	101.75	10	87.95	63.66	151.61	15	109.93	99.43	209.36	21
39.0	S	1.5	30	600	6.0	9.00	184.05	69.35	56.52	125.87	13	92.47	100.52	192.99	19	115.58	157.00	272.58	27
40.5	S	1.5	21	420	4.2	6.30	190.35	71.72	39.56	111.29	11	95.63	70.36	166.00	17	119.54	109.90	229.44	23
42.0	S	1.5	23	460	4.6	6.90	197.25	74.32	43.33	117.66	12	99.10	77.07	176.16	18	123.87	120.37	244.24	24
43.5	S	1.5	26	520	5.2	7.80	205.05	77.26	48.98	126.25	13	103.02	87.12	190.13	19	128.77	136.07	264.84	26
45.0	S	1.5	28	560	5.6	8.40	213.45	80.43	52.75	133.18	13	107.24	93.82	201.06	20	134.05	146.53	280.58	28
46.5	S	1.5	34	680	6.8	10.20	223.65	84.27	64.06	148.33	15	112.36	113.92	226.28	23	140.45	177.93	318.39	32
48.0	S	1.5	30	600	6.0	9.00	232.65	87.66	56.52	144.18	14	116.88	100.52	217.40	22	146.10	157.00	303.10	30
49.5	S	1.5	52	1040	10.0	15.00	247.65	93.31	97.97	191.28	19	124.42	174.23	298.65	30	155.52	272.13	427.66	43
51.0	S	1.5	52	1040	10.0	15.00	262.65	98.97	97.97	196.93	20	131.96	174.23	306.19	31	164.94	272.13	437.08	44
52.5	S	1.5	51	1020	10.0	15.00	277.65	104.62	96.08	200.70	20	139.49	170.88	310.38	31	174.36	266.90	441.26	44

**ALLOWABLE PILE CAPACITY  
BASED ON SPT  
BERDASARKAN DATA B.1  
ROUND PILE Ø 60 CM, Ø 80 CM, Ø 100 CM**





# LARGE DIAMETER STEEL PIPE PILES IN FOUNDATION CONSTRUCTION

RUUKKI LARGE DIAMETER PILES

**RUUKKI**

Energy-efficient steel solutions for better **LIVING. WORKING. MOVING.**



## Ruukki's large diameter steel pipe piles



*Standard steel grades of Ruukki's steel pipe piles*

Steel grade	Carbon equivalent CEV max [%]	Chemical composition, max.				Mechanical properties				
		C	Mn	P	S	f <sub>y</sub> min [MPa]	f <sub>u</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> min [%]	Impact strength	
		[%]	[%]	[%]	[%]				T*) [°C]	KV min [J]
S355J2H	0,45	0,22	1,60	0,030	0,030	355	470-630	20	-20	27
S440J2H	0,45	0,16	1,60	0,020	0,018	440	490-630	17	-20	27
S550J2H	0,47	0,12	1,90	0,020	0,015	550	605-760	14	-20	27

\*) Testing temperature may also be -40 °C. Demanded impact energy remains the same.

Standard dimensions and availability with the various steel grades

Weight [kg/m]								
Diameter		Wall thickness						
mm		8,0	10,0	12,5	14,2	16,0	18,0	20,0
	inches	0,31	0,39	0,49	0,56	0,63	0,71	0,79
<b>406</b>	16	78,6	97,8	121,4				
<b>508</b>	20	98,6	122,8	152,7	172,9			
<b>559</b>	22	108,7	135,4	168,5	190,8	214,3		
<b>610</b>	24	118,8	148,0	184,2	208,6	234,4	262,8	
<b>711</b>	28	138,7	172,9	215,3	244,0	274,2	307,6	340,8
<b>762</b>	30	148,8	185,5	231,0	261,9	294,4	330,3	366,0
<b>813</b>	32	158,8	198,0	246,8	279,7	314,5	352,9	391,1
<b>914</b>	36	178,7	222,9	277,9	315,1	354,3	397,7	440,9
<b>1016</b>	40	198,9	248,1	309,3	350,8	394,6	443,0	491,3
<b>1220</b>	48	239,1	298,4	372,2	422,3	475,1	533,6	591,9

■ Available with steel grades S355J2H, S440J2H and S550J2H.  
■ Available with steel grades S355J2H and S440J2H.

Our manufacturing technology enables 34-metre-long steel pipes can be manufactured without any splice welds. The longest steel piles with splice welds which Ruukki can deliver are up to 45 metres. Cut-to-size piles made to the customer's order minimise on-site splice welding, which decreases the turnaround time and reduces construction costs. In addition to ready-made steel piles, Ruukki has stocks of hot-rolled steel coils, so the manufacture of custom cut-to-size piles can be started very quickly and the products can be delivered to the customer on a tight schedule. In addition to sizes presented in the table of standard dimensions and availability of steel grades, the steel pipes can be manufactured with customer-specific diameters and wall thicknesses. Wall thickness can be specified to an accuracy of 0.1 mm. Ruukki flexibility means structures can be optimised through careful selection of the wall thickness and steel grade. For example, in large harbour projects, optimising the retaining wall structures brings significant savings in materials and therefore overall costs of a project.

Storable steel pipe piles (L=12 m)

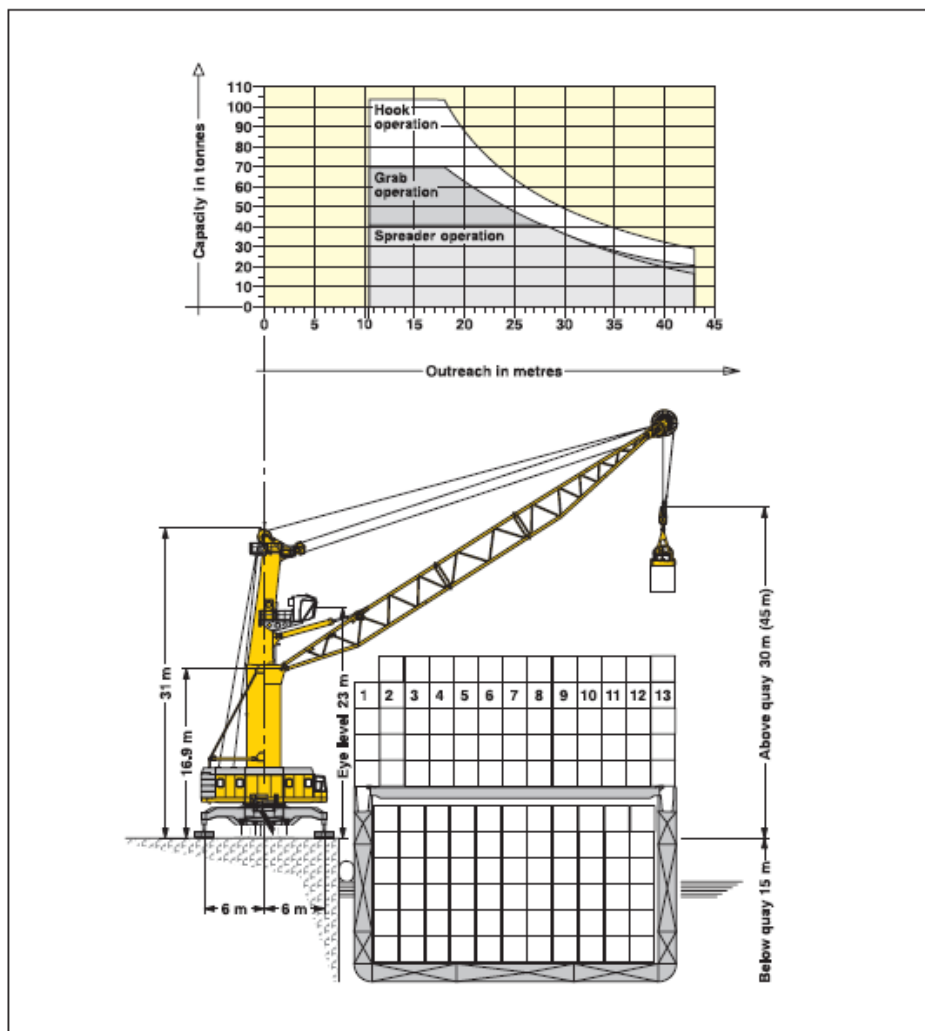
Dimensions diameter x wall thickness [mm]	Steel grade
406 x 12,5	S440J2H (S355J2H)
508 x 12,5	S440J2H (S355J2H)
610 x 12,5	S355J2H
711 x 12,5	S355J2H
813 x 12,5	S355J2H

# Harbour mobile crane

# LHM 320

Litronic®

**The synergy of wide experience, research and development for your success and benefit.**



8900 525 14 -08/2003 Subject to change without notice.

Liebherr-Werk Nenzling GmbH  
P.O. Box 10, A-6710 Nenzling/Austria  
Tel.: +43 5525 606-725  
Fax: +43 5525 606-447  
harbour.mobile.crane@lwn.liebherr.com  
www.liebherr.com

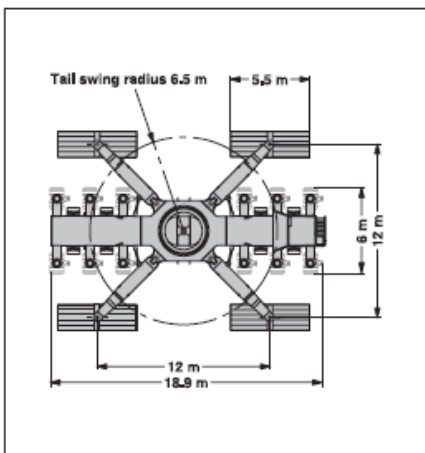
# LIEBHERR

# Liebherr harbour mobile crane

## Type LHM 320 Litronic

- utmost performance
- high reliability and quality
- low operational costs
- unsurpassed mobility and versatility
- worldwide service network

Radius	Hook operation	Spreader operation	Grab operation
(m)	(t)	(t)	(t)
10.5	104.0	41.0	70.0
17	104.0	41.0	70.0
19	102.7	41.0	70.0
20	88.1	41.0	62.6
21	82.1	41.0	58.4
22	76.8	41.0	54.6
23	72.0	41.0	51.2
24	67.8	41.0	48.2
25	64.0	41.0	45.5
26	60.5	41.0	43.0
27	57.3	41.0	40.7
28	54.4	41.0	38.7
29	51.8	36.3	36.8
30	49.3	36.8	35.1
31	47.1	34.6	33.5
32	45.0	32.5	32.0
33	43.0	30.5	30.6
34	41.2	28.7	29.3
35	39.5	27.0	28.1
36	37.9	25.4	27.0
37	36.4	23.9	25.9
38	35.0	22.5	24.9
39	33.7	21.2	24.0
40	32.4	19.9	23.0
41	31.3	18.8	22.3
42	30.1	17.6	21.4
43	29.1	16.6	20.7



### Capacities

Standard operation	70 t
Heavy lift operation	104 t

### Main dimensions

Min to max. outreach	10.5 – 43 m
Height of boom fulcrum	16.9 m
Tower cabin height (eye level)	23 m

### Hoisting heights

Above quay at minimum radius	45 m
Above quay at maximum radius	30 m
Below quay	15 m

### Working speeds

Hoisting / lowering	0 – 90 m/min
Slewing	0 – 1.8 rpm
Luffing	0 – 70 m/min
Travelling	0 – 90 m/min

### Quay load arrangements

Uniformly Distributed Load	1.7 t/m <sup>2</sup>
Max. load per tyre	6.0 t

Due to its unique travelling and supporting system, the parameters of the undercarriage (pad sizes, supporting base and number of axle sets) can easily be adapted to comply with the most stringent quay load restrictions.

### Weights

Weight of the crane	255 t
Counterweight	70 t
Total weight of the crane	approx. 325 t

### Propping arrangements

Standard supporting base	12 m x 12 m
Standard pad dimension	4 x 5.5 m x 1.8 m

Liebherr-Werk Nenzing GmbH  
P.O. Box 10, A-6710 Nenzing/Austria  
Tel.: +43 5525 606-725  
Fax: +43 5525 606-447  
harbour.mobile.crane@lwn.liebherr.com  
www.liebherr.com

# LIEBHERR



## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1. Kesimpulan**

Dari analisa desain ulang struktur dermaga batubara, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisa perencanaan tata letak dimensi ditetapkan sebagai berikut:
  - a. Dengan bobot kapal rencana 15000 DWT, ditetapkan dimensi dermaga dengan panjang 156 m, lebar 29 m, tinggi apron +5.0 mLWS dan kedalaman air rencana 10 mLWS.
  - b. Dimensi trestle dengan lebar 9 m dan bentang 120 m sebanyak dua titik.
  - c. Dimensi plat dermaga ditetapkan menggunakan ketebalan 50 cm pada lintasan crane dan selebihnya menggunakan 35 cm. Sementara untuk trestle ditetapkan menggunakan tebal plat 30 cm.
  - d. Dimensi balok ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 6.1. Dimensi Balok Dermaga

No.	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1	Balok Melintang	600 x 900
2	Balok Memanjang	600 x 900
3	Balok Anak Memanjang	450 x 600
4	B. Listplank (sisi laut)	300 x 3000
5	B. Listplank (sisi darat)	300 x 500

Tabel 6.2. Dimensi Balok Trestle

No.	Tipe Balok	Dimensi (mm)
1	Balok Melintang	450 x 700
2	Balok Memanjang	450 x 700
3	Capping Beam	1300 x 1300

- e. Dimensi pile cap (poer) ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 6.3. Dimensi Poer Dermaga

Type	Dimensi	Jumlah Tiang	Ket
A	1500 x 1500 x 1500	1	T. Tegak
B	3500 x 1500 x 2000	2	T. Miring

- f. Direncanakan menggunakan tiang pancang pipa baja berdiameter 914 mm tebal 19 mm untuk tiang tegak dan miring pada dermaga. Sementara pada trestle digunakan tiang pancang pipa baja berdiameter 762 mm tebal 16 mm, abutment trestle 914 mm tebal 19 mm.

2. Dari analisa pembebanan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 6.4. Pembebanan pada Dermaga

Jenis Beban	Value	Keterangan
<b>Beban Mati Tambahan</b>		
Aspal	125 kg/m <sup>2</sup>	-
Berat Fender	2148 kg	895 kg per m Digunakan panjang fender 2.4 m
<b>Beban Hidup</b>		
Air Hujan	50 kg/m <sup>2</sup>	-
LHM Crane 320	5.8 ton/pad	Pad sisi darat
	16.8 ton/pad	Pad sisi laut
Truk	50 ton	2.5 ton x 2 roda depan
		11.25 ton x 2 roda tengah
		11.25 ton x 2 roda belakang
Hopper	50 ton	
<b>Beban Horizontal</b>		
Berthing	65.3 ton	
Mooring	25.08 ton	Ditahan oleh 4 boulder dan dianalisa pada dua kondisi, kondisi kapal penuh dan kapal kosong.
Gempa		Scale factor 9.8 Tanah Lunak Zona gempa 3

3. Dari analisa struktur diperoleh penulangan elemen-elemen struktur yang diuraikan pada tabel berikut:

Tabel 6.5. Penulangan Plat Lantai

PLAT LANTAI			
Resume		x	y
Plat 500 Dermaga	Tumpuan	25 - 75	25 - 70
	Lapangan	25 - 75	25 - 140
Plat 350 Dermaga	Tumpuan	25 - 150	25 - 100
	Lapangan	25 - 150	25 - 200
Plat 300 Trestle	Tumpuan	25 - 200	25 - 75
	Lapangan	25 - 100	25 - 150

Tabel 6.6. Penulangan Balok Dermaga

BALOK DERMAGA				
Resume		LENTUR	TORSI	GESER
MLT 60 x 90	Tumpuan	13 D 25	4 D 19	16 - 110
	Lapangan	13 D 25		16 - 110
MMJ 60 x 90	Tumpuan	10 D 22	4 D 22	16 - 150
	Lapangan	10 D 22		16 - 150
MMJ 45 x 60	Tumpuan	7 D 19	4 D 16	10 - 100
	Lapangan	7 D 19		10 - 100
MMJ 30 x 50	Tumpuan	4 D 16	2 D 12	10 - 300
	Lapangan	4 D 16		10 - 300

Tabel 6.7. Penulangan Balok Trestle

## BALOK TRESTLE

Resume		LENTUR	TORSI	GESER
MLT 45 x 70	Tumpuan	10 D 19	4 D 16	12 - 100
	Lapangan	10 D 19		12 - 120
MMJ 45 x 70	Tumpuan	14 D 25	4 D 16	16 - 210
	Lapangan	14 D 25		16 - 230
MLT 60 x 80	Tumpuan	7 D 22	4 D 19	16 - 210
	Lapangan	7 D 22		16 - 210
Capping Beam 1.3 x 1.3	Tumpuan	24 D 22	12 D 19	19 - 100
	Lapangan	24 D 22		19 - 130

Tabel 6.8. Penulangan Poer

Type	Dimensi	Tulangan
A	1500 x 1500 x 1500	D 25 – 100 mm
B	3500 x 1500 x 2000	D 25 – 90 mm

4. Struktur atas ditumpu oleh tiang pancang pipa baja.  
Berikut disajikan resume daya dukung tiang pancang baja.

Tabel 6.9. Resume Daya Dukung Tiang

Jenis Tiang	Ø mm	P tekan terjadi (ton)	Kombinasi	P tekan Ijin Tanah SF=2.5 (ton)	P Ijin Bahan (Beban Tetap) ton	P Ijin Bahan (Beban Sementara) ton	KET
Tiang Dermaga	914	394.11	1.0DL + 1.0LHM1	753.85	819.9	1065.9	OK
Tiang Trestle	762	324.74	DL+LL+GX+0.3GY	591.38	556.27	723.2	OK

## **6.2. Saran**

1. Dalam penetapan tata letak, posisi tiang pancang hendaknya memperhatikan kemudahan pemasangan (metode pelaksanaan) yang ada di lapangan.
2. Pada daerah lokasi pekerjaan dengan kadar asam sulfat rendah hingga sedang disarankan menggunakan beton dengan campuran semen minimum type II yang tahan terhadap kadar asam sulfat rendah hingga sedang. Namun untuk daerah dengan kadar asam sulfat tinggi, maka sebaiknya menggunakan semen Portland type V yang tahan terhadap kadar asam sulfat sedang hingga tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

BAAK. 2006. **Aturan Penyusunan Tugas Akhir**. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

**Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 1983.**

Departemen Pekerjaan Umum, Ditjen Cipta Karya  
Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.  
Bandung.

Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan.2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. (SK SNI 03-2847-2002)**. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional (BSN).

**Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bridge Management System (BMS). 1992.** Departemen

Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.

Sosrodarsono, S., Nakazawa, K 2000.

**Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

**Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984.** Maritime Development Programme Directorate General of Sea Communications. Jakarta.

**Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan 1980.** Japan. Bureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport.

Tim Revisi Gempa Indonesia.2013. **Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa. (RSNI 2833-2013)**. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional (BSN).

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Denpasar, Bali pada tanggal 29 Maret 1993, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Islam Pembangunan, Tuban, Bali, SD N 106180 Tanjung Baru, MTsN Lubuk Pakam, dan melanjutkan di SMA N 1 Lubuk Pakam. Pada tahun 2011, penulis diterima di Program Studi Diploma

III Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali. Pada tahun 2014 penulis bekerja di sebuah perusahaan konstruksi PT Nusa Raya Cipta sebagai Estimator. Dan pada September 2015, penulis melanjutkan studi Diploma IV Teknik Sipil FTSP-ITS dengan NRP 3115.040.513. Di Program Studi Diploma IV Teknik Sipil ini Penulis mengambil konsentrasi Bangunan Transportasi.

Contact person :

[safitri.tspnb@gmail.com](mailto:safitri.tspnb@gmail.com)